

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Aeroespacial

Verificación operativa de los modelos numéricos de AEMET para precipitaciones y reducciones de visibilidad en estaciones y aeropuertos de Andalucía

Autor: Leonor Cuadrado Alarcón

Tutor: Manuel Toscano Jiménez

Tutor: Juan de Dios Soriano Romero

Departamento de Física Aplicada III
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Aeroespacial

Verificación operativa de los modelos numéricos de AEMET para precipitaciones y reducciones de visibilidad en estaciones y aeropuertos de Andalucía

Autor:

Leonor Cuadrado Alarcón

Tutores:

Manuel Toscano Jiménez
Profesor Titular de Universidad

Juan de Dios Soriano Romero
Jefe del Grupo de Predicción y Vigilancia de Sevilla

Departamento de Física Aplicada III
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016

Trabajo Fin de Grado: Verificación operativa de los modelos numéricos de AEMET para precipitaciones y reducciones de visibilidad en estaciones y aeropuertos de Andalucía

Autor: Leonor Cuadrado Alarcón
Tutores: Manuel Toscano Jiménez
Juan de Dios Soriano Romero

El tribunal nombrado para juzgar el trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes profesores:

Presidente:

Vocal/es:

Secretario:

acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Fecha:

Agradecimientos

Dedico este Trabajo de Fin de Grado a mi familia, por darme la oportunidad de realizar mis estudios, y por su apoyo constante e incondicional.

A la Universidad de Sevilla, a la Escuela y a todos los profesores que, a lo largo de estos años me han enseñado que el trabajo duro tiene su recompensa.

También agradecer a AEMET, por la oportunidad de realizar las prácticas y gran parte de este trabajo con ellos, y en especial a Juan de Dios Soriano , por su ayuda y apoyo, como Tutor de Prácticas y como Tutor de este Trabajo de Fin de Grado.

Por último, pero ni mucho menos menos importante, a mi tutor, Manuel Toscano por su ayuda, disposición y apoyo, ya que sin él este trabajo no hubiera sido posible.

*Leonor Cuadrado Alarcón
Sevilla, 2016*

Resumen

La predicción numérica del tiempo ha avanzado mucho en los últimos tiempos, y juega un papel fundamental en nuestras vidas. Es imprescindible verificar el comportamiento de los modelos, para que puedan seguir avanzando hacia modelos más precisos. El objetivo de este trabajo es realizar una verificación de los modelos más utilizados en AEMET, concretamente sobre la precipitación y la visibilidad.

Abstract

Numeric weather forecast has highly developed over the last years; playing an essential role in our daily lives. It is imperative to verify models behaviour allowing us to advance towards more accurate models. The aim of this report is to verify AEMET top used models, particularly those for precipitation and visibility predictions.

Índice

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Resumen</i> | III |
| <i>Abstract</i> | V |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Observación | 3 |
| 2.1. Estaciones Meteorológicas | 4 |
| 2.2. Radar | 4 |
| 2.3. METAR | 6 |
| 3. Modelos de Predicción Numérica | 9 |
| 3.1. Evolución histórica de los modelos numéricos de predicción | 9 |
| 3.2. Principios fundamentales de los modelos de predicción numérica | 10 |
| 3.2.1. Ecuaciones del modelo | 10 |
| 3.2.2. Métodos de discretización de ecuaciones diferenciales | 11 |
| 3.2.3. Rejilla de integración | 11 |
| 3.2.4. Parametrizaciones físicas | 12 |
| 3.2.5. Asimilación de datos meteorológicos | 12 |
| 3.2.6. Tipos de modelos numéricos | 13 |
| Modelos de circulación general | 13 |
| Modelos de área limitada (LAM) | 13 |
| Modelos de mesoescala | 14 |
| 3.3. Consorcio HIRLAM | 14 |
| 3.3.1. HIRLAM | 14 |
| 3.3.2. HARMONIE | 15 |
| 3.4. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts | 15 |
| 4. Metodología | 17 |
| 4.1. Recogida de datos de dominio público | 17 |
| 4.2. Recogida de datos en AEMET | 18 |
| 4.2.1. HARMONIE | 18 |
| 4.2.2. ECMWF | 18 |
| 4.2.3. METAR | 19 |
| 4.3. Análisis de datos | 20 |
| 4.3.1. Variables dicotómicas | 20 |
| 4.3.2. Variables continuas | 21 |
| 5. Verificación de modelos de dominio público | 23 |
| 5.1. Análisis general | 25 |
| 5.2. Análisis por zonas | 28 |
| 5.3. Análisis por niveles de precipitación | 30 |
| 5.4. Análisis por niveles y zonas de precipitación | 31 |
| 5.5. Conclusiones | 35 |

| | |
|----------------------------------------------------------|------------|
| 6. Verificación de modelos en AEMET | 37 |
| 6.1. Precipitación | 38 |
| 6.1.1. Análisis general | 38 |
| Aeropuerto de Sevilla | 38 |
| Aeropuerto de Córdoba | 43 |
| Aeropuerto de Melilla | 46 |
| Aeropuerto de Málaga | 50 |
| Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 53 |
| Conclusiones | 56 |
| 6.1.2. Análisis por intervalos horarios | 57 |
| Aeropuerto de Sevilla | 58 |
| Aeropuerto de Córdoba | 61 |
| Aeropuerto de Melilla | 63 |
| Aeropuerto de Málaga | 65 |
| Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 66 |
| Conclusiones | 68 |
| 6.2. Visibilidad | 69 |
| 6.2.1. Análisis de reducción de visibilidad | 69 |
| Aeropuerto de Sevilla | 69 |
| Aeropuerto de Córdoba | 72 |
| Aeropuerto de Melilla | 76 |
| Aeropuerto de Málaga | 79 |
| Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 81 |
| Conclusiones | 84 |
| 6.2.2. Análisis diferenciando entre brumas y nieblas | 85 |
| Aeropuerto de Sevilla | 85 |
| Aeropuerto de Córdoba | 87 |
| Aeropuerto de Melilla | 88 |
| Aeropuerto de Málaga | 89 |
| Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 91 |
| Conclusiones | 93 |
| 7. Conclusiones generales y trabajo futuro | 95 |
| Apéndice A. Tablas | 97 |
| A.1. Precipitación | 97 |
| A.1.1. Análisis por horas | 97 |
| Aeropuerto de Sevilla | 97 |
| Aeropuerto de Córdoba | 99 |
| Aeropuerto de Melilla | 101 |
| Aeropuerto de de Málaga | 103 |
| Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 105 |
| A.2. Visibilidad | 106 |
| Aeropuerto de Sevilla | 106 |
| Aeropuerto de Córdoba | 108 |
| Aeropuerto de Melilla | 110 |
| Aeropuerto de Málaga | 112 |
| Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 114 |
| Apéndice B. Programas para la descarga automática | 117 |
| B.1. HIRLAM 0.05 | 117 |
| B.2. Predicción por horas | 120 |
| B.3. Datos de las estaciones meteorológicas | 123 |
| Apéndice C. Programas de MATLAB | 127 |
| C.1. Programas para el tratamiento de imágenes | 127 |

| | |
|---------------------------------------------|-----|
| C.2. Programas para el tratamiento de datos | 138 |
| <i>Índice de Figuras</i> | 179 |
| <i>Índice de Tablas</i> | 183 |
| <i>Índice de Códigos</i> | 185 |
| <i>Bibliografía</i> | 187 |

1 Introducción

El presente trabajo tiene por objetivo verificar el comportamiento de los modelos numéricos que se utilizan hoy en día para realizar las predicciones meteorológicas. Es muy importante para los predictores saber en qué medida deben "fiarse" de un modelo u otro, o si deben guiarse por su experiencia personal. Este trabajo pretende llegar a resultados y conclusiones que puedan servir a que los predictores mejoren sus objetivos de calidad, en lo que respecta a la precipitación y las reducciones de visibilidad.

Aunque todos los datos se han obtenido de AEMET, este trabajo tiene dos partes muy diferenciadas. La primera parte se ha realizado haciendo uso de los datos abiertos que AEMET proporciona en su página web, www.aemet.es. Se utilizarán los datos del modelo HIRLAM de alta resolución y los datos de las predicciones por horas de cada municipio, y se compararán con las mediciones de las estaciones meteorológicas. Para descargar los datos se ha realizado unos programas que automatizan las tareas, para conseguir todos la información posibles diariamente.

Con estos datos se analizarán las salidas de precipitación de los modelos en diferentes municipios cercanos al Guadalquivir. Se han elegido municipios en los que AEMET tenga una estación meteorológica, de forma que se puedan obtener los datos más exactos posibles. Además hay municipios costeros, de la zona del valle y también de la sierra, por lo que se podrá analizar si los modelos funcionan mejor en una zona u otra.

También es interesante estudiar si existe una relación entre la intensidad de la precipitación y la tasa de acierto de los modelos, es decir, si funcionan mejor para lluvias débiles, intensas, o si no se observa ninguna tendencia, por lo que se realizarán análisis en los que se tenga en cuenta la precipitación acumulada.

Sin embargo, el modelo HIRLAM apenas se usa para el trabajo diario en AEMET, ya que para predicciones aeronáuticas cada vez se usan más HARMONIE y el modelo del Centro Europeo. Gracias al convenio de prácticas que tiene la Universidad de Sevilla con AEMET, se ha podido acceder a datos de estos modelos, que sí se usan para las predicciones operativas en la Agencia. Para segunda parte del trabajo, realizada durante el periodo de prácticas en AEMET, se han tomado datos los modelos HARMONIE y ECMWF, así como de las observaciones METAR de los aeródromos. El análisis de estos datos constituye la segunda parte del trabajo. Debido a la política de privacidad de datos de AEMET, no podrá realizarse el análisis de los datos libres y los de la Agencia de forma conjunta.

En ésta segunda parte del trabajo se analizará, además de la precipitación, la visibilidad horizontal, ya que resultaba de gran interés para el GPV de Sevilla, dónde se realizan predicciones aeronáuticas. Estas predicciones se utilizan para la programación en los aeropuertos, por lo que es de vital importancia que sean lo más precisas posibles.

Se han recogido datos durante algo más de un mes, para cinco aeropuertos:

- Aeropuerto de Sevilla (LEZL)
- Aeropuerto de Córdoba (LEBA)
- Aeropuerto de Melilla (GEML)
- Aeropuerto de Málaga (LEMG)
- Aeropuerto de Jerez de la Frontera (LEJR)

Los cinco aeropuertos están dentro de la zona de la que se encarga la OMPA de Sevilla, por lo que este trabajo es especialmente útil para ellos. Además de Andalucía y Melilla, se encargan de las predicciones aeronáuticas para los aeródromos de Badajoz y Murcia, aunque no se hayan tomado datos de ningún aeropuerto de estas zonas.

2 Observación

El objetivo de la observación meteorológica consiste en determinar el valor de diferentes variables y parámetros físicos para conocer el estado de la atmósfera, y realizar análisis, predicciones, avisos meteorológicos y vigilancia del clima.

Las observaciones son fundamentales para poder realizar avances en meteorología y, por este motivo, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) coordina el sistema mundial de observación meteorológica, a través de los servicios meteorológicos nacionales. Entre otras tareas, se encarga de realizar programas de medidas normalizados, y de controlar el intercambio estandarizado de datos.

Actualmente, el sistema global de observación lo forman un componente espacial y otro basado en tierra. El componente espacial lo conforman diferentes satélites, principalmente los satélites geoestacionarios METEOSAT, y los satélites polares, de órbita baja.

El componente basado en tierra incluye distintos tipos de observaciones. En España, AEMET divide su red de observaciones meteorológicas en tres grandes grupos:

- **Redes de observación de superficie y en altura.** Este grupo, a su vez, se divide en:
 - Red terrestre de observación meteorológica de superficie. Formada por estaciones meteorológicas automáticas y no-automáticas.
 - Red de observaciones meteorológicas en altura. Se obtiene el perfil vertical de las variables meteorológicas mediante los radiosondeos. Se realizan dos veces al día desde diferentes puntos del País.
- **Observaciones de teledetección terrestre.** En este grupo están incluidas tres redes de teledetección:
 - El sistema nacional de observación radar. Mide la reflectividad de las nubes, para estimar la precipitación.
 - La red de teledetección de rayos. Los detectores de esta red captan, analizan y discriminan la radiación electromagnética generada en las descargas eléctricas que ocurren dentro de su alcance.
 - Perfilador y sistema RASS. Proporciona estimaciones del viento a distintas alturas sobre el lugar donde se encuentra el sensor.
- **Observaciones Meteorológicas Aeronáuticas.** Las observaciones aeronáuticas se realizan simultáneamente de dos formas diferentes:
 - Observadores en los aeropuertos. Realizan los informes *METAR*, en los que se incluye información sobre la dirección e intensidad del viento, visibilidad, temperatura, y fenómenos adversos como son la precipitación, tormentas, brumas o nieblas, que influyen en el normal funcionamiento del aeropuerto.
 - Sistemas Integrados Meteorológicos. Formados por un conjunto de estaciones automáticas de observación situadas ambos extremos de la pista, así como en el punto medio, que recogen datos automáticamente.

Este capítulo se centrará en describir las observaciones que se utilizarán para la verificación de los modelos a lo largo de este trabajo.

2.1 Estaciones Meteorológicas

En España, AEMET tiene desplegadas varias redes de observación meteorológica en superficie, con diferente fin y resolución espacial.

La primera de estas redes, la *red climatológica ordinaria*, obtiene datos fundamentalmente para estudios climatológicos. Esta red es la más densa que opera AEMET, integra más de 3000 estaciones, y es posible gracias a la colaboración de voluntarios. Se toman datos una vez al día, referentes a las temperaturas extremas diarias, la precipitación acumulada en 24h y los diferentes meteoros observados. Actualmente se está trabajando en automatizar esta red, de forma que los datos se recojan una vez al día de forma automática.

La *red climatológica ordinaria* no es suficiente para satisfacer todas las necesidades, por lo que AEMET dispone de otra red de estaciones en las que se toman datos más completos, tanto en lo que se refiere a los parámetros observados como a la frecuencia de observación. Este conjunto de estaciones constituye la *red de estaciones semiautomáticas*.

Estas estaciones se encuentran atendidas durante ciertas horas por personal de AEMET, que realiza todos los días del año, al menos siete veces al día, medidas de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, precipitación, velocidad y dirección del viento, evaporación, insolación, cobertura y tipo de nubes, visibilidad, así como aquellos fenómenos que no se cuantifican pero sí se observan, como la calima, niebla o el rocío.

Las medidas que realiza el personal de AEMET se combinan con las que proporciona una estación automática, que incorpora sensores para medir visibilidad, precipitación acumulada y tipo de precipitación, radiación solar, viento, temperatura, etc. Los datos horarios de temperatura, humedad y presión se miden a partir de las bandas de los registradores, y se comparan con las leídas en el termómetro, psicómetro y barómetro. La precipitación se obtiene comparando la repartición dada por el pluviógrafo con la cantidad recogida total en el pluviómetro. Los datos de viento se toman de la estación automática, aunque se tiene un anemocinómetro como instrumento auxiliar.

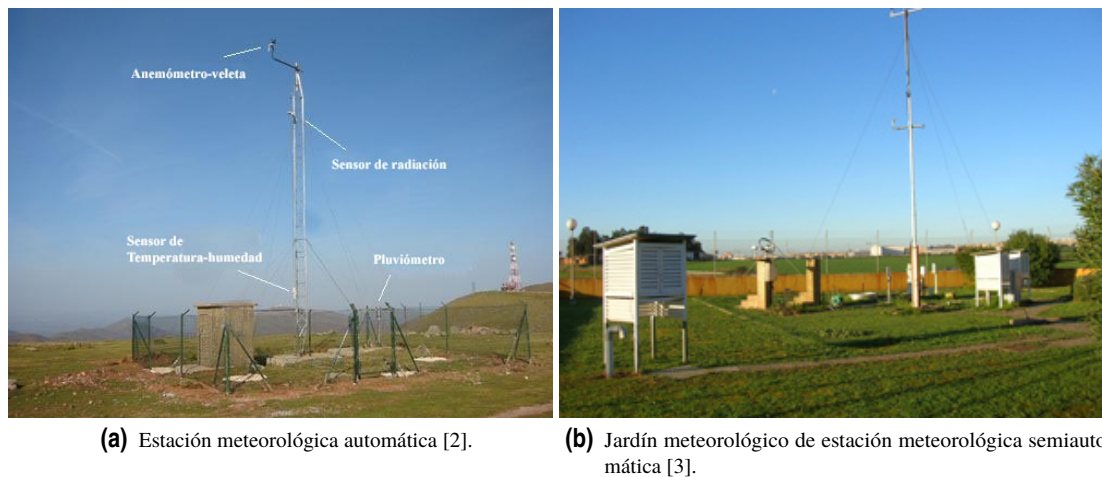


Figura 2.1 Estaciones meteorológicas semiautomáticas.

2.2 Radar

AEMET opera una red de radares formada por quince sistemas regionales (SRR) y un sistema nacional (SNR). Los radares de AEMET están situados de forma que la cobertura de la Península Ibérica sea lo más completa posible, aunque también se obtiene información de los radares de Portugal. Los radares, en España, se sitúan en las siguientes provincias:

- A Coruña
- Almería
- Asturias

- Barcelona
- Cáceres
- Islas Baleares
- Las Palmas
- Madrid
- Málaga
- Murcia
- Palencia
- Sevilla
- Valencia
- Vizcaya
- Zaragoza

En cada SRR se ubica una estación radar y un centro regional. En la estación se ubica el equipo radar meteorológico, una unidad de control local y los sistemas auxiliares. Mediante el sensor del radar, que está dotado de capacidad Doppler, se miden diferentes parámetros físicos: reflectividad, velocidad radial y turbulencia. Estos datos se miden en el volumen de alcance del radar, y posteriormente se recogen en el Centro Regional Radar (CRR), donde se transforman para su posterior distribución. Además de los productos resultantes de los radares regionales, se realiza una integración de los datos procedentes de todos ellos, para construir algunos mosaicos de ámbito ibérico.



Figura 2.2 Radar Meteorológico [3].

Actualmente, los radares meteorológicos de AEMET tienen una resolución de hasta 1km (modo largo) o 0.5km (modo corto). Además, reciben e incorporan información del sistema HIRLAM y de las observaciones pluviométricas de las estaciones meteorológicas automáticas, para realizar una estimación de la precipitación acumulada.

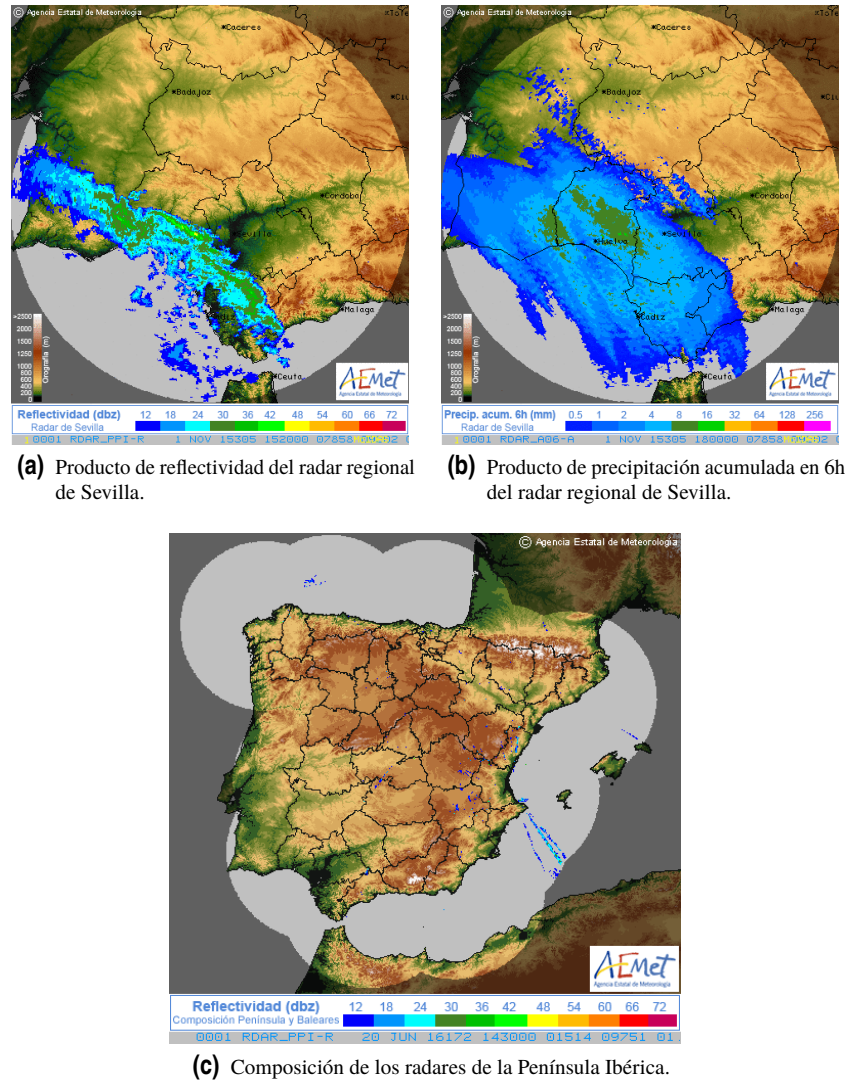


Figura 2.3 Ejemplos de imágenes del radar meteorológico [3].

2.3 METAR

Los METAR son mensajes meteorológicos de tipo aeronáutico. Se trata de un mensaje codificado que indica las condiciones atmosféricas del aeródromo observadas en un momento dado. Los informes METAR se difunden en intervalos de una hora o media hora, dependiendo del aeropuerto. Además de los METAR, en los aeropuertos se emiten informes SPECI, que son informes especiales de aeródromo. Se realizan cuando, en un periodo entre dos METAR, se produce algún cambio significativo en las variables de interés. Tanto los METAR como los SPECI tienen la misma estructura, que se muestra en la figura 2.4.

Además de información sobre el tiempo presente, los METAR pueden contener un pequeño pronóstico de las condiciones esperadas en las dos horas siguientes, denominado TREND. Este pronóstico, que se elabora en la OMPA, indica cambios importantes con respecto a uno más de los elementos siguientes: viento en superficie, visibilidad, condiciones meteorológicas y nubes o visibilidad vertical. Si no se espera ningún cambio, se indicará mediante "NOSIG". La estructura de los TREND se muestra en la figura 2.5.

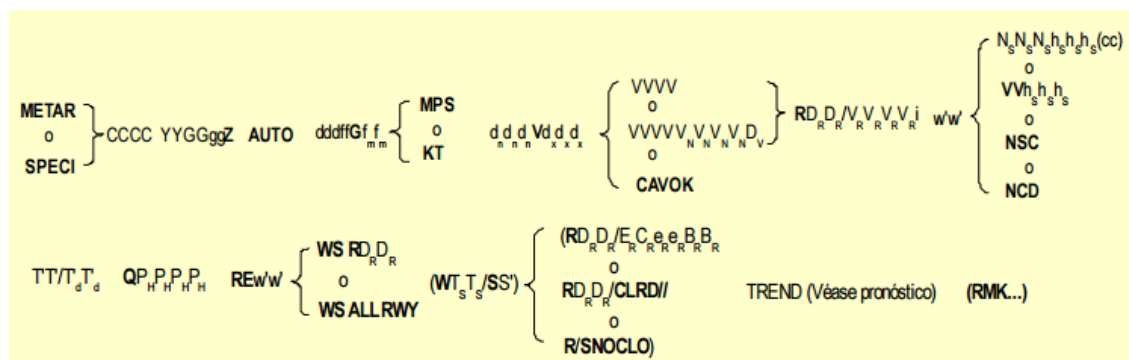


Figura 2.4 Estructura de un mensaje METAR [6].

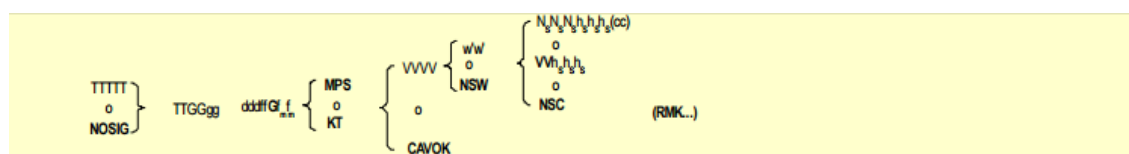


Figura 2.5 Estructura de un mensaje TREND [6].

Para entender estos mensajes, se va a mostrar un ejemplo de METAR y otro de SPECI, explicando el significado de cada término. Ambos mensajes son de Mayo de 2016.

Ejemplo de informe METAR

METAR LEMG 081130Z 13011KT 3000 -RA FEW010 SCT025 BKN040 17/15 Q1003 TEMPO 2000 +RA=

- METAR - Tipo de mensaje.
- LEMG - Aeropuerto al que corresponde el informe. En este caso se trata de un METAR del Aeropuerto de Málaga.
- 081130Z - Día del mes y hora de la observación. En este ejemplo, día 08 a las 11:30 UTC.
- 13011KT - Dirección y velocidad del viento. Los tres primeros caracteres indican la dirección, los dos siguientes la velocidad, y los dos últimos la unidad de medida. En este METAR el viento era de 130º y 11 knots.
- 3000 - Visibilidad horizontal, en metros. Si es superior a 10km, se indica con 9999. En este caso la visibilidad era de 3000m
- -RA - Término que indica lluvia. El guión que precede indica que era moderada. En otros casos, se indicara SHRA (chubascos) o DZ (llovizna).
- FEW010 SCT025 BKN040 - Nubosidad y altura de nubes. Los tres primeros caracteres indican la cantidad de nubes: FEW (escasa), SCT (dispersa), BKN (muy nuboso) o OVC (cubierto). Los números posteriores indican la altura de la base de las nubes en centenares de pies. También se indicaría, en caso de que hubiera, si las nubes son del tipo cumulonimbus (CB) o cumulus congestus de gran extensión vertical (TCU).
- 17/15 - Temperatura y punto de rocío. En este ejemplo la temperatura sería de 17°C, y la temperatura de rocío de 15°C.
- Q1003 - Indica la presión en superficie, redondeada al hectopascal inferior.
- TEMPO 2000 +RA - Se trata del TREND. En este caso, en las dos horas siguientes al informe METAR, se espera lluvia intensa y visibilidad de 2km.

Ejemplo de informe SPECI

SPECI LEMG 081153Z 12013KT 100V160 1800 +RA FEW010 SCT025 BKN040 16/15 Q1003 TEMPO 4000 RA=

- SPECI - Tipo de mensaje.
- LEMG - SPECI del Aeropuerto de Málaga.
- 081153Z - Observación del día 8 a las 11:53 UTC.
- 12013KT - Viento medio de 120º, 13 kt.
- 100V160 - Dirección del viento variando entre 100º y 60º.
- 1800 -Visibilidad horizontal de 1800m
- +RA - Lluvia intensa
- FEW010 SCT025 BKN040 - Techos de nubes.
- 16/15 - Temperatura de 16ºC, y temperatura de rocío de 15ºC
- Q1003 - Presión en superficie de 1003 hPa
- TEMPO 4000 RA - Pronóstico TREND, se espera que la visibilidad suba a 4000m, y la lluvia deje de ser intensa.

Para más información sobre los diferentes grupos de los METAR, SPECI y TREND, puede consultarse la *guía_MET* [6], elaborada por AEMET.

3 Modelos de Predicción Numérica

La predicción numérica del tiempo ha sido el gran avance de la meteorología en los últimos tiempos y, actualmente, son la herramientas que se utilizan en los centros de predicción, como es AEMET. Gracias a los avances en informática, los modelos han mejorado de forma notable en los últimos años.

La atmósfera es un fluido y, por tanto, para predecir su evolución hay que resolver las ecuaciones fundamentales de la dinámica de fluidos. Dado que estas ecuaciones no tienen solución exacta, han de resolverse numéricamente, y por tanto necesitarán unas condiciones iniciales de partida. Por este motivo, el telégrafo fue una de las claves para los primeros avances en la predicción del tiempo, ya que permitió disponer de observaciones realizadas en diferentes puntos de Europa en un tiempo suficientemente corto para que las predicciones fueran útiles.

Del mismo modo que el telégrafo fue fundamental para avanzar en la predicción del tiempo, la aparición de los ordenadores fue la clave para el desarrollo de los modelos de predicción numérica, ya que permitían realizar una mayor cantidad de operaciones en un tiempo menor. Desde entonces, con el aumento de velocidad de cálculo de los ordenadores, también ha aumentado la resolución, tanto espacial como temporal, de los modelos numéricos de predicción.

En este capítulo se explicará, de forma resumida, el funcionamiento de los modelos numéricos, así como los diferentes tipos que se pueden encontrar en la actualidad.

3.1 Evolución histórica de los modelos numéricos de predicción

Los primeros modelos numéricos, implementados en los primeros ordenadores que se desarrollaron, eran muy limitados. Los *modelos barotrópicos*, primeros modelos que se implementaron en un ordenador, se basaban en la "Hipótesis Barotrópica", que supone que las líneas isobáricas coinciden con las isopícnicas. Debido a esta simplificación, el gradiente isobárico de temperatura es cero, y el viento geostrófico no varía con la altura. Por tanto, solo disponían de un nivel vertical.

Algún tiempo después, se comenzaron a utilizar los *modelos baroclinos*. En estos, las líneas isobáricas e isopícnicas, no coinciden, de forma que gradiente isobárico de temperatura es distinto de cero, y el viento geostrófico varía con la altura. Sin embargo, tan solo disponían de tres niveles verticales, y los resultados no eran muy buenos.

En la década de los setenta, con el aumento de la potencia de cálculo de los ordenadores, fue posible comenzar a usar los llamados *modelos de ecuaciones primitivas*. Estos modelos ya eran capaces de resolver las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales para la atmósfera de forma simplificada, pero manteniendo las variables directamente observables (viento, temperatura y humedad). Estos modelos fueron los primeros que obtenían resultados suficientemente buenos para usarse en la predicción diaria del tiempo. Eran capaces de incluir una estructura vertical de la atmósfera, que comenzó teniendo diez niveles, y ha ido avanzando a lo largo del tiempo.

Estos modelos son los que se utilizan hoy en día para las predicciones meteorológicas. Se comprobó que la causa fundamental de los errores en los resultados ya no era la formulación de las ecuaciones, sino a tres causas principales. La primera era la resolución horizontal y vertical de la rejilla de integración, ya que no se puede predecir el tiempo en un determinado lugar con una distancia entre puntos contiguos de la rejilla excesivamente grande, y con pocos niveles verticales. La segunda causa era que no se podían tener en cuenta fenómenos que ocurrían en una escala espacial y temporal menor a la resolución del modelo, como es el

caso de la convección. Además, también es fuente de error la incertidumbre de las condiciones iniciales, y la escasa densidad de observaciones.

Los *modelos de ecuaciones primitivas* han mejorado mucho en estos aspectos, reduciendo considerablemente la rejilla, e incluyendo parametrizaciones para predecir aquellos fenómenos que suceden a una escala inferior.

Los últimos desarrollos en los modelos de predicción numérica son los *modelos de mesoescala*. Por debajo de 10km, los *modelos de ecuaciones primitivas* no mejoran necesariamente sus resultados, ya que la hipótesis hidrostática pierde su validez. Estos modelos, que no incluyen la hipótesis hidrostática, se usan para resoluciones mayores a 5km y están en fase de investigación. En algunos centros de predicción, como es el caso de AEMET, ya se utilizan para las elaborar las predicciones, tanto aeronáuticas como de fenómenos adversos.

3.2 Principios fundamentales de los modelos de predicción numérica

Este apartado se centrará en los *modelos de ecuaciones primitivas*, ya que serán los empleados para el trabajo de verificación. Estos modelos resuelven las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de la mecánica de fluidos de forma simplificada, particularizándolas para el fluido atmosférico. Para resolver el problema, se desprecian las fuerzas moleculares y se tienen en cuenta las fuerzas del gradiente de presión, la fuerza de Coriolis, la fuerza gravitatoria y la de fricción.

Las ecuaciones diferenciales se resuelven numéricamente, ya que no tienen solución exacta. Por tanto, será necesario discretizar la atmósfera mediante una rejilla, resolviendo las ecuaciones en los nodos de la misma. La elección de la rejilla adecuada es fundamental, ya que de ello dependerá la resolución del modelo.

Para poder tener en cuenta procesos que suceden a una escala inferior a la resolución del modelo, se utilizan parametrizaciones físicas, que intentan contabilizar los efectos de estos procesos en las variables del modelo.

3.2.1 Ecuaciones del modelo

Al tratarse de un problema de mecánica de fluidos, habrá que particularizar las ecuaciones de cantidad de movimiento, continuidad de masa y balance de energía para la atmósfera.

Para la ecuación de cantidad de movimiento, se aplican las Leyes de Newton, usando un sistema de coordenadas esféricas, ligadas a la Tierra, y que rotan con ella. Este sistema de referencia es, por tanto, no inercial, y habrá que introducir la *Fuerza de Coriolis*. Por tanto, la ecuación de cantidad de movimiento se puede expresar como:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \sum \frac{\vec{F}_i}{m} = -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p + \vec{g} - 2\vec{\Omega} \times \vec{V} + \vec{F}_r \quad (3.1)$$

Como se comentó anteriormente, los *modelos de ecuaciones primitivas* utilizan la "aproximación hidrostática". Esta aproximación consiste en suponer que hay equilibrio de fuerzas en la vertical, es decir, que la aceleración vertical es nula. Esto simplifica enormemente el problema, ya que la componente vertical de la ecuación de cantidad de movimiento se reduce a:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \quad (3.2)$$

La ecuación del balance de energía se deduce del Primer Principio de la Termodinámica, teniendo en cuenta que el conjunto Tierra-Atmósfera funciona como una máquina térmica que convierte la energía procedente de la radiación solar en movimiento (vientos) y en alimento para el ciclo hidrológico (evaporaciones y condensaciones del vapor de agua en la atmósfera).

La expresión del primer principio es:

$$dQ' = C_p dT - \alpha dp \quad (3.3)$$

Teniendo en cuenta la energía que aportan los cambios de fase del vapor de agua, se obtiene:

$$dQ - L \frac{dq}{dt} = c_p \frac{dT}{dt} - \alpha \frac{dp}{dt} \quad (3.4)$$

Donde:

- $L \rightarrow$ Calor Latente
- $c_p \rightarrow$ Coeficiente de transferencia de calor a presión constante.
- $\alpha \rightarrow$ Coeficiente de dilatación isobárica.

El término de calor no adiabático, dQ , incluye los efectos de la radiación solar, flujo de calor sensible desde la superficie, calor de fricción, etc.

Por último, por la Ley de Conservación de la Masa, obtenemos la ecuación de continuidad:

$$\frac{1}{\rho_m} \frac{d\rho_m}{dt} + \vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \frac{1}{1-q} \frac{dq}{dt} \quad (3.5)$$

Las ecuaciones 3.1, 3.4 y 3.5, (con la aproximación hidrostática ecuación, 3.2, en el caso de los *modelos hidrostáticos*), son las se han de resolver para predecir el comportamiento de la atmósfera.

Para resolver numéricamente las ecuaciones, se utilizan métodos que discreticen las derivadas parciales en los nodos de una rejilla de integración. Las ecuaciones se resuelven en esta rejilla, y se obtienen las variables del modelo en un tiempo futuro.

3.2.2 Métodos de discretización de ecuaciones diferenciales

Las ecuaciones anteriores se pueden discretizar mediante diversos métodos. Dependiendo de la discretización que se utilice, se elige la rejilla en la que se resolverá el sistema de ecuaciones, y que definirá la resolución del modelo.

Se van a comentar dos discretizaciones, las más utilizadas para los modelos de predicción meteorológica.

- Esquemas en diferencias finitas

Son los más usados en los modelos numéricos modernos. Aproximan las derivadas parciales, espaciales y temporales, por diferencia entre los valores de la una variable entre dos nodos próximos entre sí. Estos nodos pueden ser el presente y el siguiente (adelantadas), el presente y el anterior (atrasadas), o el anterior y el posterior (centradas). Cada modalidad tiene diferentes características en cuanto a exactitud y estabilidad se refiere. El más exacto y estable es el *esquema de diferencias finitas centradas*, y es por tanto el más usado.

- Método espectral

Este método resuelve el problema mediante superposición de funciones ortogonales entre sí. Estas funciones pueden ser series de Fourier o armónicos esféricos, aunque en la práctica se utilizan éstos últimos, por ser los más adecuados a la geometría del problema.

En este método los modelos deben cambiar entre el espacio espectral y el de rejilla en cada paso de tiempo, lo que hace que sean más lentos que los que utilizan el método de diferencias finitas.

3.2.3 Rejilla de integración

Los métodos comentados anteriormente necesitan resolver el problema en los nodos de una rejilla, que recibe el nombre de *rejilla de integración del modelo*. Estas rejillas son tridimensionales, y en cada uno de sus nodos el modelo calcula los valores de las diferentes variables, sus derivadas parciales y las fuerzas que intervienen en las ecuaciones del modelo.

Una vez ejecutado el modelo, se obtendrán los valores de las variables básicas (temperatura, humedad específica y componentes del viento) y las derivadas (precipitación, nubosidad, etc.) esperadas en un tiempo futuro.

Es necesario tener en cuenta la geometría del problema para la elección de la rejilla de integración. Para un modelo global se usará una rejilla que cubra todo el planeta. Sin embargo, si se quiere aumentar la resolución de este tipo de rejilla, aumenta considerablemente el número de nodos sobre los que el modelo tiene que resolver las ecuaciones del problema, por lo que tardaría mucho tiempo en ejecutarse. Esto no es admisible para un modelo operativo, pero se puede solucionar utilizando una rejilla global con resolución variable, de forma que haya más densidad de nudos en la zona de interés. También hay modelos que, en lugar de utilizar una rejilla esférica, utilizan una plana, tomando por tanto un sistema de coordenadas horizontales planas para definir la geometría del problema.

Hay otro tipo de modelos, los llamados *modelos de área limitada*, que sólo están interesados en resolver el problema en una zona específica del planeta. Estos modelos utilizan una rejilla más pequeña, que solo

incluye la parte de la Tierra que se quiere resolver. Estos modelos tienen la ventaja de poder aumentar la resolución, tanto horizontal como vertical, sin que el tiempo de ejecución sea inviable.

Sin embargo, al no abarcar toda la superficie terrestre, necesitan de condiciones de contorno en los límites de la rejilla. Una solución es tomar las condiciones de contorno de un modelo cuya rejilla de integración englobe a la de nuestro modelo. Esta disposición de rejillas se conoce como *anidamiento telescópico*, y es la más utilizada en los modelos de área limitada.

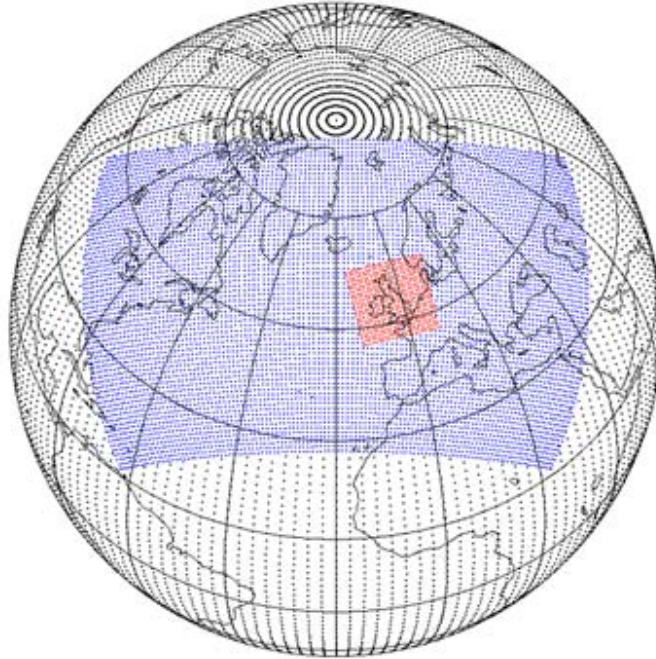


Figura 3.1 Anidamiento telescópico en rejillas de integración [7].

3.2.4 Parametrizaciones físicas

Hay fenómenos, cuyos efectos sobre las variables atmosféricas son muy importantes, que ocurren en una escala inferior a la distancia entre puntos contiguos de la rejilla, y que por tanto el modelo no puede tener en cuenta. Para resolver este problema, se utilizan las denominadas *parametrizaciones físicas*, que establecen relaciones estadísticas entre estos fenómenos y las variables resueltas por el modelo en su rejilla. Del mismo modo, hay que encontrar la forma de predecir estos fenómenos a través de las variables resueltas del modelo. Las principales parametrizaciones que se incluyen en los modelos numéricos son:

- Radiación
- Convección
- Intercambio de calor atmósfera - superficie del suelo
- Turbulencia
- Condensación a gran escala
- Frenado por ondas gravitatorias

3.2.5 Asimilación de datos meteorológicos

Para resolver las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, el modelo necesita las condiciones iniciales. Esto implica que se deben conocer las variables meteorológicas del modelo en todos los puntos de integración de la rejilla, en el instante inicial. Este proceso recibe el nombre de *asimilación de datos*, y consiste en calcular, a partir de las observaciones meteorológicas que se realizan en todo el mundo, los valores de las variables del modelo en los nudos de la rejilla, e incorporarlos al mismo.

La complejidad de este proceso se ve incrementada debido a la irregular distribución espacial de las observaciones, ya que en una gran parte de la rejilla de integración no se tienen observaciones. Este hecho es una de las fuentes de error de los modelos numéricos.

Otro factor que aumenta la complejidad del problema es que no existe un solo tipo de observación. Los principales tipos de observaciones que tienen en cuenta los modelos son los siguientes:

- Observaciones synop - desde estaciones meteorológicas en superficie.
- Observaciones temp - observaciones de altura, a través de sondeos
- Observaciones satop - desde satélites meteorológicos
- Observaciones airep - desde aviones comerciales
- Observaciones ship - desde barcos
- Observaciones dribu - desde boyas marinas

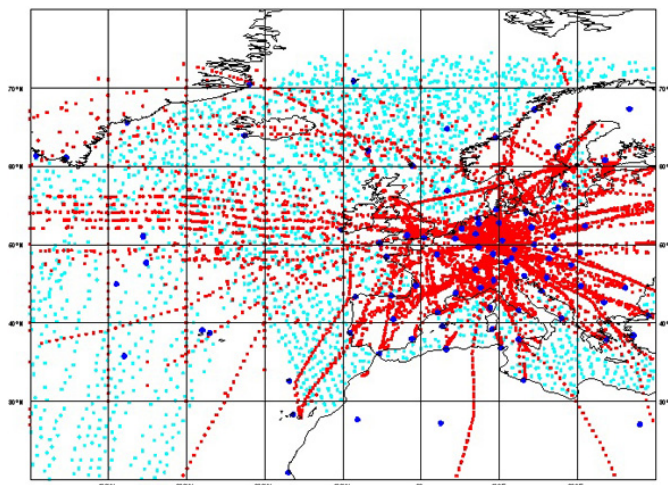


Figura 3.2 Distribución de observaciones meteorológicas procedentes de satélite (azul claro), aviones (rojo) y radiosondeos (azul oscuro) [3].

3.2.6 Tipos de modelos numéricos

Dependiendo de la finalidad con la que se diseñe un modelo, éste tendrá una resolución y un horizonte de predicción diferente. Debido a diferentes limitaciones, como la capacidad de cálculo de los ordenadores actuales, estos dos factores no son independientes entre sí, por lo que habrá que adoptar una solución de compromiso.

En la práctica, se utilizan tres tipos de modelos:

- Modelos de circulación general
- Modelos de área limitada
- Modelos de mesoescala

Modelos de circulación general

El objetivo principal de estos modelos es simular el flujo de circulación general atmosférico, por lo que su rejilla de integración tiene que cubrir toda la Tierra. Se utilizan para predicciones a medio plazo, estacionales y climáticas, ya que solo necesitan las condiciones iniciales para realizar las predicciones. La desventaja de estos modelos es que, para tener una resolución horizontal adecuada, necesitan ordenadores muy potentes.

Además, como la cobertura es global, se necesitan observaciones de todo el planeta. Como la cantidad de observaciones depende mucho de la zona del planeta, los resultados también dependerán de la parte de la Tierra que se considere. Un ejemplo de este tipo de modelos es el del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF), del que se hablará más adelante.

Modelos de área limitada (LAM)

Estos modelos se utilizan cuando el área de interés de la predicción es muy concreta, y se puede ahorrar tiempo de procesamiento en el ordenador utilizando una rejilla que solo incluya ese área. Estos modelos necesitan tomar las condiciones de contorno de otro modelo que incluya el área de interés. La ventaja de

estos modelos es que, además de ejecutarse en un tiempo menor, permiten aumentar la resolución horizontal respecto a los modelos globales. Normalmente se utilizan para predicciones a corto plazo (hasta 48h de predicción). El modelo HIRLAM, del que se hablará posteriormente, es un ejemplo de modelo de área limitada.

Modelos de mesoescala

Para resoluciones superiores a 5km, la hipótesis hidrostática considerada en el resto de modelos no es válida. Los modelos de mesoescala son aquellos diseñados especialmente para funcionar a resoluciones superiores a 5km. Estos modelos tienen unas parametrizaciones físicas muy complejas, y necesitan una gran capacidad de cálculo.

Estos modelos son capaces de resolver la convección, y también resuelven la mayoría de los efectos de la orografía. Para evitar incluir una parametrización de la convección profunda, suelen integrarse a resoluciones de al menos 2km.

Estos modelos se encuentran aún en fase de desarrollo, pero ya se utilizan en algunos centros de predicción, como es el caso del modelo HARMONIE, en AEMET.

3.3 Consorcio HIRLAM

El consorcio HIRLAM nace en 1985, con el objetivo de desarrollar sistemas operativos para el análisis y predicción a corto plazo, basados en modelos numéricos de alta resolución. Para conseguir su objetivo, en el consorcio HIRLAM colaboran los institutos meteorológicos de los siguientes países europeos:

- Dinamarca - DMI
- España - AEMET
- Estonia - EEA
- Finlandia - FMI
- Holanda - KNMI
- Irlanda - Met Eireann
- Islandia - VI
- Lituania - LHMS
- Noruega - MET Norway
- Suecia - SMHI
- Francia - Météo-France (Miembro asociado)

España, a través de AEMET, forma parte de este consorcio desde principios de la década de los 90, y ha tenido un papel muy importante en el desarrollo de las diferentes versiones del sistema HIRLAM.

Este consorcio ha desarrollado el modelo HIRLAM, con dos versiones, la 0.16 y la 0.05, y actualmente está desarrollando un nuevo modelo en colaboración con el consorcio ALADIN y Météo France, llamado HARMONIE, que se encuentra en fase experimental.

3.3.1 HIRLAM

HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) es un modelo hidrostático de área limitada que, como se ha mencionado anteriormente, tiene dos versiones. La principal diferencia entre ellas es la resolución, que varía de 16 km en la versión 0.16, a 5 km en la 0.05. Además los intervalos horarios de predicción también varían, siendo los mínimos de 6h en el HIRLAM 0.16 y de 3h en el HIRLAM 0.05.

El modelo tiene 40 niveles en la vertical. Las componentes horizontales del viento (u, v), la temperatura (T), la humedad específica (q) y la altura del geopotencial linealizada (G) están implementadas en todos los niveles, mientras que otras variables, como la presión (p), la velocidad vertical del viento y la altura del geopotencial (Φ), tan solo se calculan en la mitad de los niveles.

Además de estas variables, el modelo dispone de parametrizaciones, para estimar fenómenos que ocurren a escala de sub-rejilla, como son las nubes y la condensación, la turbulencia o intercambios de agua y energía con la superficie, entre otras.

El modelo asimila datos de los diferentes tipos de observaciones (TEMP, SYNOP, AIREP, PILOT, SATOB, SHIP, DRIBU), y toma las condiciones iniciales y de contorno del modelo ECMWF (del Centro Europeo), o de una pasada del HIRLAM de mayor escala, utilizando el *anidamiento telescópico*.

HIRLAM se ejecuta cuatro veces al día en AEMET, en tres dominios diferentes:

- Escala euroatlántica - 16 km de resolución horizontal (HIRLAM 0.16)
- Centrado en la Península Ibérica - 5 km de resolución horizontal (HIRLAM 0.05)
- Centrado en las Islas Canarias - 5 km de resolución horizontal (HIRLAM 0.05)

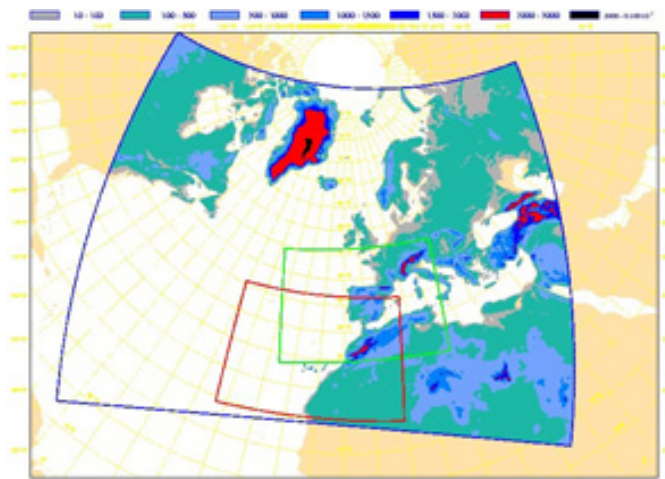


Figura 3.3 Dominios del HIRLAM [3].

3.3.2 HARMONIE

HARMONIE (HIRLAM-ALADIN Research on Meso-scale Operational NWP In Europe) es un modelo no hidrostático, destinado a la predicción operacional a escalas del orden del kilómetro de resolución. Ha sido desarrollado por Météo-France y ALADIN, en colaboración con el grupo HIRLAM y el Centro Europeo.

Para asimilación de datos a escala de pocos kilómetros, se incorporan, además de las observaciones convencionales, datos de satélites, radares, observaciones GPS y datos de aviones, entre otras. La dinámica No-Hidrostática es la del modelo ALADIN, y permite elegir diferentes configuraciones para la física. En AEMET se utiliza la configuración AROME (Modelo Operativo en Météo-France), diseñada para escalas en las que el modelo resuelve la convección.

En AEMET, HARMONIE se corre cuatro veces al día, con una resolución de 2.5km, desde 2011. Las condiciones de contorno las toma del modelo del Centro Europeo. Gracias a este nuevo modelo, las predicciones locales han mejorado mucho. La predicción de vientos regionales y brisas es más precisa, sobre todo en zonas con difícil orografía. El mayor impacto se produce en la predicción de los fenómenos convectivos, ya que los modelos hidrostáticos, que necesitan una parametrización de la convección profunda, no son capaces de simular bien efectos como el ciclo diurno de la convección. En la figura 3.4 se muestra un ejemplo de predicción del ciclo diurno de la convección de HARMONIE.

Este modelo sustituirá al modelo HIRLAM para la predicción a corto plazo, y también se quiere utilizar para realizar predicciones probabilísticas apropiadas para el corto plazo (72h). Sin embargo, como aún se encuentra en fase experimental, los resultados no están abiertos al público.

3.4 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

El Centro Europeo De Predicción a Medio Plazo se creó en 1975 como un consorcio de países europeos, con el objetivo de crear un centro especializado en predicciones a medio plazo. En AEMET se utiliza en la predicción operativa tanto de corto plazo como de medio plazo.

El modelo del ECMWF, tiene 60 niveles en la vertical, y produce predicciones operativas hasta 10 días. También se usa experimentalmente para predicciones mensuales y estacionales. Debido al carácter caótico de la atmósfera, los errores aumentan conforme nos alejamos del instante inicial de la predicción. Por este

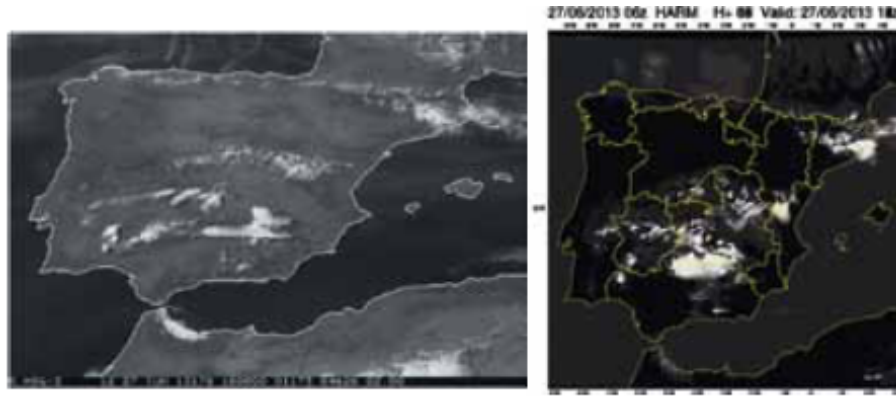


Figura 3.4 Comparación entre imagen de satélite y la estimación de HARMONIE del ciclo diurno de la convección. [8].

motivo, en el Centro Europeo se realizan predicciones probabilísticas, también llamadas predicciones por conjuntos. En estas predicciones, se realizan integraciones del modelo a una menor resolución, variando las condiciones iniciales. El sistema de predicción por conjuntos del Centro Europeo se corre a una resolución de 25 hasta 10 días, y de 50km hasta 15 días y para las predicciones mensuales. También se realiza, una vez al mes, una predicción estacional de hasta 7 meses.

Hasta 2016, el modelo del Centro Europeo tenía una resolución horizontal de 16km. Actualmente, se ha reducido el tamaño de la rejilla a $9 \times 9 \text{ km}^2$, consiguiendo la mayor resolución para un modelo global. Estas mejoras en la resolución permitirán:

- Proporcionar mejores predicciones de temperatura, humedad y velocidad del viento.
- Disminuir los errores en un 2/3 %.
- Adaptar mejor las predicciones a la orografía.
- Definir con mayor resolución detalles como los ojos o las bandas de precipitación de los ciclones tropicales.
- Pronosticar lluvia engelante.

4 Metodología

Para realizar el estudio sobre precipitación y visibilidad, se han tomado datos de algunos de los modelos y observaciones comentados anteriormente. En este capítulo se explicará cual ha sido el proceso de recogida de datos, así como de qué forma se van a analizar para alcanzar los resultados deseados.

4.1 Recogida de datos de dominio público

Todos los datos de dominio público que se han utilizado en este análisis son de la página web de AEMET, <http://www.aemet.es/>. Dada la gran cantidad de datos que hay que descargar diariamente, se ha automatizado el proceso, mediante una serie de programas en lenguaje Perl. De esta forma, se han podido recoger datos diarios desde Octubre hasta Mayo, aunque en este trabajo tan solo se muestre el análisis de una muestra pequeña de estos datos. Todos los programas utilizados se pueden consultar en el apéndice B.

Cada programa se ha diseñado de forma que a una hora específica descargue el contenido necesario de la web. De este modo se ha obtenido información completa de los ciclos de lluvia, cubriendo las 24h del día.

Se ha recogido información de diferentes fuentes y formatos, a continuación se muestra una lista resumida de los distintos archivos descargados:

- **Estaciones meteorológicas:** Archivos ".csv" con los datos horarios recogidos en las estaciones.
- **Predicción por horas por municipios:** Archivos ".html" de la predicción por horas con las dos salidas del modelo, la de las 00UTC y la de las 12UTC. Estos archivos se han pasado a una tabla en ".csv" mediante un programa en Perl.
- **HIRLAM 0.05:** Imágenes de precipitación de dos salidas del modelo, la de las 00UTC y la de las 12UTC. Muestran la precipitación acumulada en intervalos de 3h.
- **HIRLAM 0.16:** Imágenes de diagramas de isobaras, de las mismas salidas del modelo que en el caso anterior, pero en intervalos de 6h.
- **Radares regionales de Málaga y Sevilla:** Imágenes de reflectividad tomadas por el radar. Se han tomado en intervalos de 20 min.

De los datos recogidos, se analizarán dos modelos, HIRLAM 0.05, y los datos de la predicción por horas por municipios, que se calculan con HIRLAM, pero incorporando correcciones del modelo del Centro Europeo.

Todas las imágenes se han tratado mediante programas realizados en MATLAB, para obtener valores de precipitación en función de los diferentes colores de la leyenda. La información obtenida se ha almacenado en ficheros ".csv" para cada municipio, mes a mes.

Posteriormente, se han leído todos los archivos ".csv" en MATLAB, y se han generado las gráficas comparativas que se mostrarán en los análisis de los episodios de lluvia. Los programas de MATLAB están disponibles en el Apéndice C.

Se ha decidido agrupar los datos en episodios de 6h, para permitir pequeños adelantos o retrasos en la predicción del modelo. Para poder comparar entre los resultados de los diferentes modelos, se han tomado los mismos intervalos horarios para todos ellos, en horario local:

- 03:00 - 08:00

- 09:00 - 14:00
- 15:00 - 20:00
- 21:00 - 02:00

Aunque, como se ha dicho, la descarga ha sido automática, hay ocasiones en que los datos de AEMET no están completos, debido a fallos. Por este motivo, horas en las que no se dispone de datos.

Además, cada salida del modelo HIRLAM 0.05 no cubre las 24h del día. En cada salida del modelo falta la predicción para 3h después de que se ejecute el modelo. Por tanto, en la salida del modelo de las 00UTC siempre faltará el dato correspondiente a las 03UTC, mientras que en la salida del modelo de las 12UTC siempre faltará la predicción de las 15UTC.

Con los datos de los que se dispone, se realizaron distintos análisis, utilizando los métodos estadísticos que se explicaran más adelante.

4.2 Recogida de datos en AEMET

Para realizar la verificación de los modelos, se han recogido datos diariamente de las diferentes herramientas que se utilizan en el GPV para realizar las predicciones. Se han recogido datos de los modelos HARMONIE y ECMWF, así como las observaciones METAR de los aeropuertos. En este capítulo se comentarán brevemente las herramientas utilizadas, y los criterios empleados.

4.2.1 HARMONIE

Para recoger los datos del modelo HARMONIE, se ha utilizado la herramienta *HARMONIE aeropuertos*, ya que es la que se utiliza en el GPV. Esta herramienta proporciona los resultados de las cuatro salidas de HARMONIE, en intervalos de 2h, para el aeropuerto que se seleccione. Por ejemplo, en la imagen 4.2.1 vemos las salidas de precipitación y visibilidad que proporciona esta herramienta.

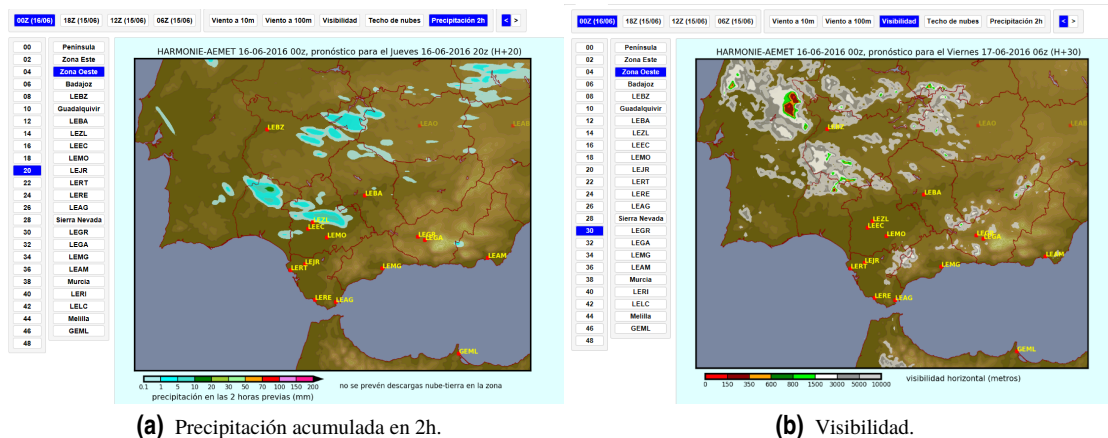


Figura 4.1 Ejemplos de las salidas de HARMONIE aeropuertos .

Debido a cambios en los servidores, y a que HARMONIE aún se encuentra en fase experimental, algunos días la herramienta no proporcionó datos, y por tanto estos periodos no se tendrán en cuenta en el análisis.

Para la precipitación, *HARMONIE aeropuertos* proporciona el dato de precipitación acumulada en 2h, mientras que para la visibilidad muestra el valor instantáneo. Estas diferencias tendrán que tenerse en cuenta en el análisis posterior.

4.2.2 ECMWF

Los datos del Modelo del Centro Europeo se han recogido de la página *Visualización de Campos de Modelos Numéricos*. El ECMWF proporciona resultados con intervalos de 3h, por lo que se han recogido datos con este intervalo.

Se ha utilizado la salida de precipitación acumulada en 3h, a través de imágenes como la de la figura 4.2.2(a). Estas imágenes se han tratado posteriormente con MATLAB, para obtener el dato de precipitación en los aeropuertos de interés. De igual modo se ha procedido para la nubosidad, mediante imágenes como la de la figura 4.2.2(b).

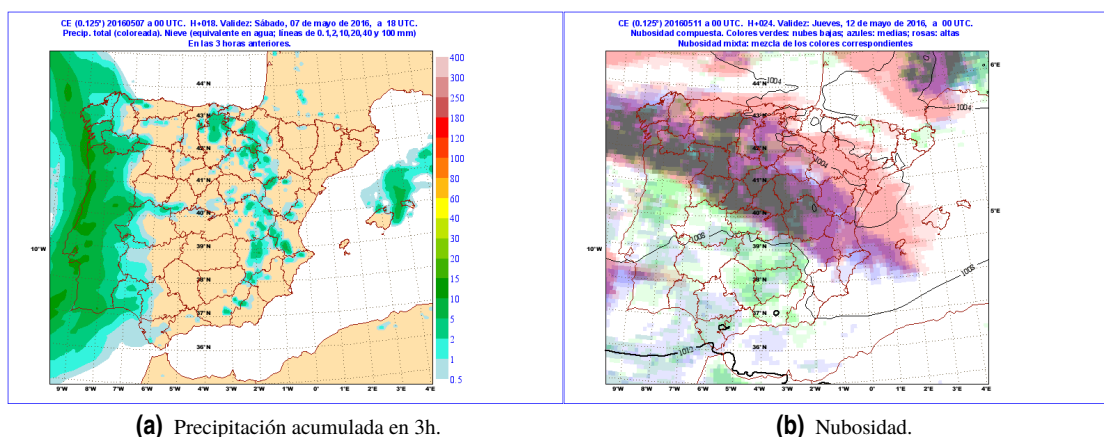


Figura 4.2 Ejemplos de imágenes del ECMWF utilizadas para la verificación .

4.2.3 METAR

Los METAR se han recogido de la herramienta *METARWEB* (figura 4.3), para los diferentes aeropuertos. Esta herramienta muestra los informes METAR, SPECI y TAF emitidos en las últimas 72h para un aeropuerto y, además, permite consultar METAR de días anteriores.

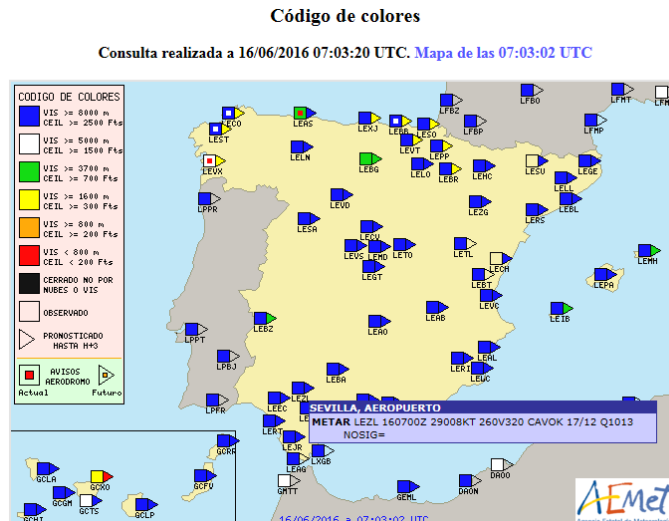


Figura 4.3 Captura de pantalla de la herramienta *METARWEB*.

Algunos aeropuertos, como el de Sevilla o el de Málaga, realizan informes METAR cada media hora, mientras que los datos se han recogido en intervalos de 1h. En estos casos, se ha utilizado el dato más desfavorable de precipitación cifrado durante la hora de interés. Sin embargo, para la visibilidad se ha tomado el valor instantáneo, ya que, como se ha explicado, la visibilidad que proporciona HARMONIE es también instantánea. Este mismo criterio se ha utilizado en las situaciones en que se emitieron informes SPECI.

En otros aeropuertos, como el de Córdoba o el de Melilla, no se realizan informes METAR durante todo el día. Durante la noche, no se dispone de datos de estos aeropuertos, por lo que habrá que ignorar estos periodos en el análisis.

Durante el periodo de estudio, se pusieron en funcionamiento los *METAR AUTO*, para las horas en las que no hay observador en algunos aeropuertos. De los aeropuertos en los que se han recogido datos, se probó el *METAR AUTO* en Sevilla, Córdoba, Melilla y Jerez de la Frontera. Como este sistema se encuentra aún en fase de pruebas, estos datos no se han tenido en cuenta para la verificación

4.3 Análisis de datos

Para analizar un modelo, hay que tener en cuenta qué es lo que hace que un modelo sea "bueno". Se pueden distinguir tres formas en las que un modelo puede ser "bueno":

- Consistencia - El grado en que la predicción se corresponde con el juicio del predictor sobre la situación, basado en su experiencia.
- Calidad - El grado en que la predicción se corresponde con lo que ocurre realmente.
- Valor - El grado en que la predicción ayuda al profesional encargado de la toma de decisiones a reconocer algún incremento económico y/o algún otro beneficio.

El objetivo de este trabajo es la verificación del modelo, por lo que los análisis se centrarán en la calidad del modelo. Se van a realizar diferentes análisis, que se pueden agrupar en dos grandes grupos, los de variables dicotómicas y los de variables continuas.

4.3.1 Variables dicotómicas

Dado que en los *METAR* no es posible obtener el valor exacto de la precipitación acumulada, se utilizarán métodos de análisis para variables dicotómicas, es decir, solo se considerarán dos posibles situaciones: llueve o no llueve. También se utilizará este análisis para los datos de dominio público, aunque en este caso sí se dispone del valor de precipitación acumulada, al utilizar las medidas de las estaciones meteorológicas.

Aunque en los *METAR* se proporciona el valor de la visibilidad, para las labores de predicción operativa lo que interesa es estudiar si hay reducciones de visibilidad y, si las hay, distinguir entre brumas o nieblas. Por tanto, se utilizará para la visibilidad el mismo tipo de análisis.

En el método utilizado, se asigna, tanto al modelo como a la observación, el valor 0 ó 1, 0 si no se produce el fenómeno, y 1 en el caso de que sí ocurra. Comparando estos dos valores, se diferencian cuatro posibilidades:

- Aciertos (a). Cuando el modelo y la observación toman el valor 1
- Falsas Alarmas (b). Cuando el modelo toma el valor 1 y la observación toma el valor 0. Se predice que ocurrirá el fenómeno, pero no ocurre.
- Fallos (c). El modelo toma el valor 0, y la observación el valor 1. Se produce el fenómeno, y el modelo no lo predecía.
- Negativos correctos (d). Tanto el modelo como la observación toman el valor 0. No se produce el fenómeno, y la predicción es correcta.

Una vez calculado el número de ocasiones en que ocurre una de las cuatro posibilidades anteriores, se calculan diferentes indicadores. Los utilizados para elaborar este documento se explican a continuación.

Percentage Correct. Ratio de predicciones correctas, incluyendo los negativos correctos.

$$PC = \frac{a+d}{N} \quad (4.1)$$

Frequency Bias Index. Indica si el modelo está subestimando el fenómeno ($F.B.I < 1$) o sobrestimándolo ($F.B.I > 1$). No diferencia entre predicciones correctas o incorrectas, tan solo entre predicciones "sí" del modelo y observaciones "sí".

$$FBI = \frac{a+b}{a+c} \quad (4.2)$$

Probability Of Detection. Fracción de observaciones "sí" que se predijeron correctamente. Es sensible a los aciertos, pero no tiene en cuenta las falsas alarmas.

$$POD = \frac{a}{a+c} \quad (4.3)$$

Probability Of False Detection. Fracción de observaciones "no" que se predijeron incorrectamente como "sí". Es sensible a las falsas alarmas, pero no tiene en cuenta los fallos.

$$POFD = \frac{b}{b+d} \quad (4.4)$$

False Alarm Ratio. Ratio de predicciones "sí" que no ocurrieron. Sensible a falsas alarmas, pero ignora los fallos.

$$FAR = \frac{b}{a+b} \quad (4.5)$$

Threat Score. Mide la fracción de eventos observados o predichos como "sí" que se predijeron correctamente. Penaliza tanto los fallos como las falsas alarmas por igual.

$$TS = \frac{a}{a+b+c} \quad (4.6)$$

True Skill Statistic. Mide la capacidad del modelo para separar los eventos "sí" de los "no".

$$TSS = \frac{a}{a+c} - \frac{b}{b+d} = POD - POFD \quad (4.7)$$

4.3.2 Variables continuas

Como se mencionó anteriormente, para el análisis de los datos de dominio público sí se dispone de la cantidad de precipitación acumulada en las estaciones meteorológicas, por lo que se podrán verificar los modelos teniendo en cuenta la intensidad de las lluvias.

Se dividirán los episodios en función de la precipitación acumulada en 6 horas, distinguiendo cinco niveles diferentes:

- Nivel 1 $\rightarrow 0.1mm \leq Pcp \leq 1.5mm$
- Nivel 2 $\rightarrow 1.5mm < Pcp \leq 3mm$
- Nivel 3 $\rightarrow 3mm < Pcp \leq 6mm$
- Nivel 4 $\rightarrow 6mm < Pcp \leq 12mm$
- Nivel 5 $\rightarrow Pcp > 12mm$

Una vez clasificados los episodios en los distintos niveles, según el las medidas tomadas en la estación, se calcula el error relativo cometido por la predicción.

$$\varepsilon = \frac{|Pcp_{mod} - Pcp_{est}|}{Pcp_{est}} \leq 0.5 \quad (4.8)$$

Si el error cometido es igual o inferior al 50%, se considera que la predicción del modelo ha sido acertada, y en caso contrario se considera errónea. Con este criterio, una vez agrupados los aciertos y los fallos, se puede calcular la tasa de acierto del modelo para cada nivel de precipitación.

$$\text{Tasa de acierto} = \frac{\text{nº de aciertos}}{\text{nº de episodios}} \quad (4.9)$$

5 Verificación de modelos de dominio público

Utilizando los modelos de dominio público, se va a analizar el comportamiento de HIRLAM 0.05 y de la predicción por horas en diferentes municipios de la zona del Valle de Guadalquivir. Se analizará el periodo de lluvias comprendido entre el 4 de Mayo y el 13 de Mayo de 2016, ya que, del periodo en que se han recogido datos, es el más interesante. Los municipios donde se realizará el análisis son los siguientes:

- **Cádiz**
 - Chipiona
 - Grazalema
 - Jerez de la Frontera
- **Córdoba**
 - Aguilar de la Frontera
 - Córdoba
 - Doña Mencía
 - La Rambla
 - Montoro
- **Huelva**
 - Alájar
 - Almonte
 - Huelva
- **Jaén**
 - Andújar
 - Cazorla
 - Jaén
- **Sevilla**
 - Carmona
 - Cazalla de la Sierra
 - Écija
 - Sevilla Aeropuerto
 - Sevilla Tablada

Una de las razones por las que se han elegido estos municipios es que en ellos se ubica una estación meteorológica, por lo que se puede disponer de los datos reales de precipitación.

Se van a realizar cuatro análisis independientes, los dos primeros utilizando análisis de variables dicotómicas (sección 4.3.1), y los dos últimos utilizando variables continuas (sección 4.3.2). Los análisis serán:

- Análisis general
- Análisis por zonas
- Análisis por niveles de precipitación
- Análisis por niveles y zonas de precipitación

Los análisis primero y tercero, más generales, se realizarán con los datos de todos los municipios, sin tener en cuenta la zona en la que se encuentran. Por el contrario, en los análisis que tienen en cuenta zonas de precipitación, se agruparán estos municipios según su localización, separando entre municipios de valle, de sierra o de costa. Para que un municipio se considere de sierra, se ha tomado el criterio de que se debe encontrar a una altitud superior a 300m. Los municipios quedan clasificados de la siguiente forma:

- Valle:
 - Jerez de la Frontera - 27m
 - Córdoba - 90m
 - La Rambla - 200m
 - Montoro - 155m
 - Andújar - 202m
 - Carmona - 50m
 - Écija - 130m
 - Sevilla Aeropuerto - 34m
 - Sevilla Tablada - 9m
- Sierra:
 - Grazalema - 913m
 - Aguilar de la Frontera - 309m
 - Doña Mencía - 650m
 - Alájar - 572m
 - Jaén - 580m
 - Cazorla - 813m
 - Cazalla de la Sierra - 550m
- Costa:
 - Huelva - 19m
 - Almonte - 5m
 - Chipiona - 10m

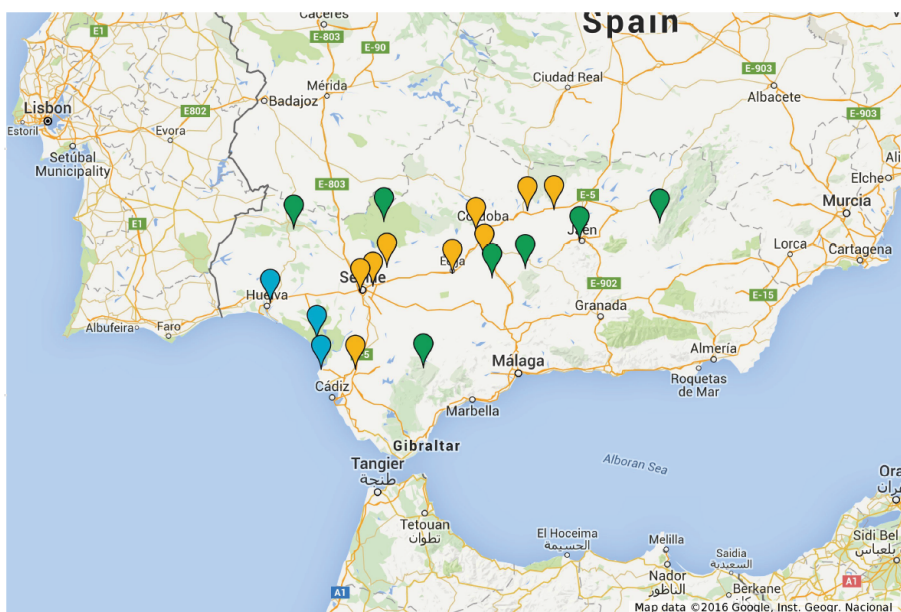


Figura 5.1 Localización de los municipios y división en zonas. Los puntos azules corresponden a los municipios de costa, los amarillos a los de valle, y los verdes a los de sierra.

5.1 Análisis general

Los resultados de este análisis se han recogido en la tabla 5.1. A partir de estos datos, se han representado diferentes gráficas, para comprender mejor el funcionamiento de ambos modelos.

Tabla 5.1 Resultados del análisis general.

| | HIRLAM 00 | HIRLAM 12 | Por horas 00 | Por horas 12 |
|---------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| Aciertos | 245 | 223 | 337 | 352 |
| Falsas alarmas | 67 | 81 | 125 | 123 |
| Fallos | 38 | 71 | 34 | 30 |
| Negativos correctos | 176 | 225 | 173 | 232 |
| PC | 0,80 | 0,75 | 0,76 | 0,79 |
| POD | 0,87 | 0,76 | 0,91 | 0,92 |
| POFD | 0,28 | 0,27 | 0,42 | 0,35 |
| TSS | 0,59 | 0,49 | 0,49 | 0,58 |
| FBI | 1,10 | 1,03 | 1,25 | 1,24 |
| FAR | 0,22 | 0,27 | 0,27 | 0,26 |
| TS | 0,70 | 0,60 | 0,68 | 0,70 |

En la figura 5.2 se ha representado el *Frequency Bias Index*. En las cuatro salidas, el valor obtenido es superior a la unidad, lo que significa que las cuatro salidas están sobrestimando la precipitación, aunque los valores no son muy altos. En la predicción por horas encontramos valores algo superiores, en general, a los de HIRLAM.

El comportamiento frente a falsas alarmas es peor en la salida de las 00 UTC de la predicción por horas, ya que para un *False Alarm Rate* (figura 5.3(a)) similar a otras salidas, tiene mayor *Probability Of False Detection* (5.3(b)).

Por el contrario, la salida que mejor comportamiento frente falsas alarmas presenta es la de las 00 UTC de HIRLAM, ya que tiene un F.A.R inferior al resto, con un P.O.F.D similar al de la salida de las 12 UTC del mismo modelo.

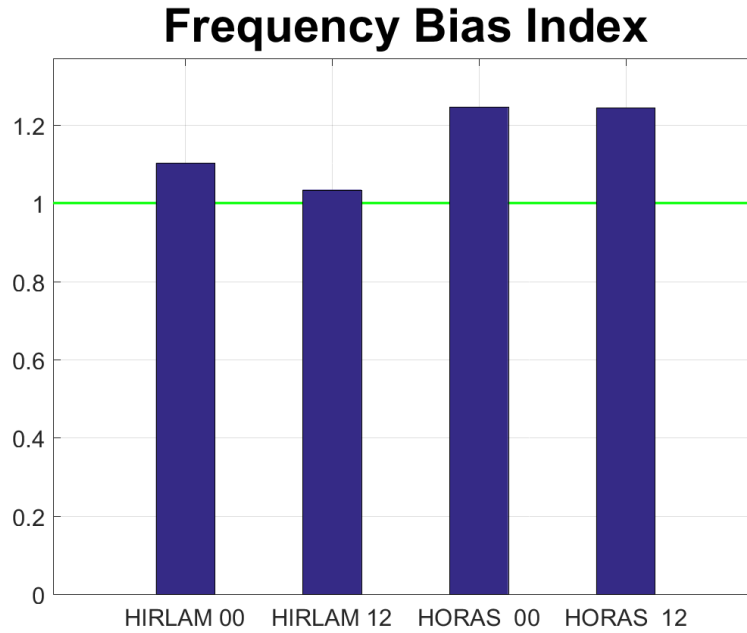
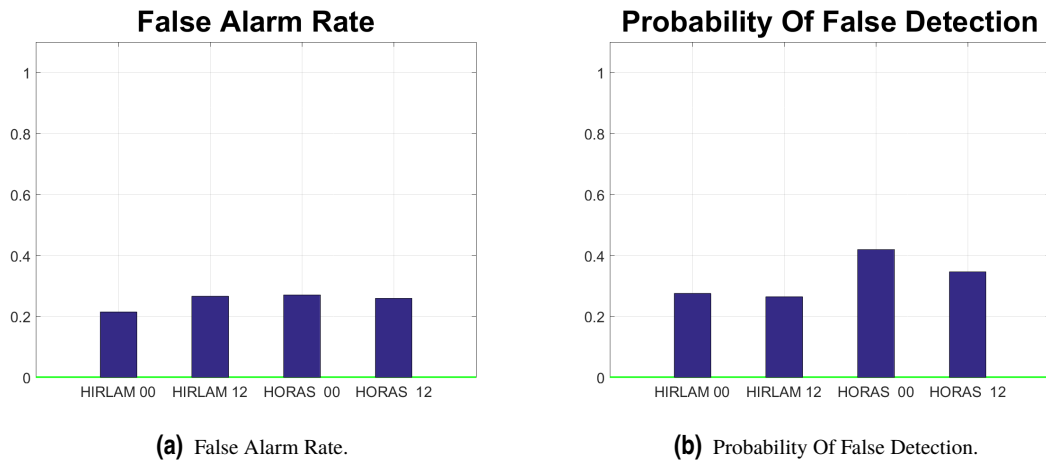


Figura 5.2 Frequency Bias Index del análisis general.



(a) False Alarm Rate.

(b) Probability Of False Detection.

Figura 5.3 F.A.R y P.O.F.D del análisis general.

En la figura 5.4 se han representado todas las tasas que indican, de un modo u otro, un ratio de acierto del modelo. La primera gráfica, la correspondiente al *Percentage Correct*, incluye como aciertos los negativos correctos, por lo que no es muy indicativa. La figura 5.4(b), excluye los negativos correctos, pero también las falsas alarmas. Por tanto, es lógico que obtenga valores superiores al resto de tasas, alcanzando valores en torno a 0.9 en las salidas de la predicción por horas.

La tasa que mejor indica cómo ha sido el comportamiento del modelo es el *Threat Score* (figura 5.4(c)), ya que excluye los negativos correctos, pero incluye las falsas alarmas como fallos. Se observa que la salida que obtiene los valores más bajos es la de las 12 UTC de HIRLAM, como también sucedía con la P.O.D. Además, esta salida también obtiene valores bajos del *True Skill Statistic* (figura 5.4(d)), es decir, no separa bien los episodios "lluvia" de los "no lluvia".

No hay una salida que destaque con claridad como "mejor". Tanto la salida de las 00 UTC de HIRLAM como la de las 12 UTC de la predicción por horas obtienen resultados muy similares, tanto del *Threat Score* como del *True Skill Statistic*.

En general, los resultados del T.S se encuentran entre 0.6 y 0.7, valores muy buenos teniendo en cuenta el grado de dificultad que conllevan las predicciones de precipitación.

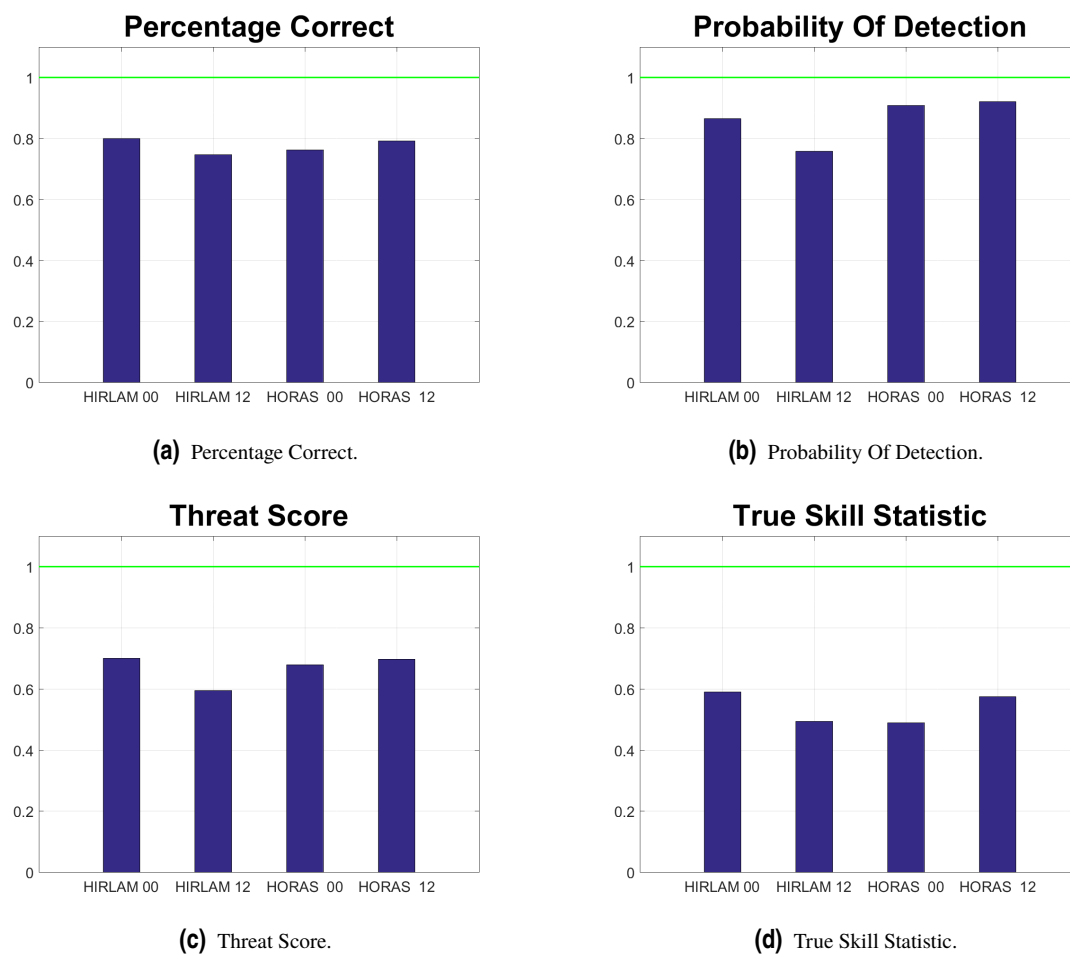


Figura 5.4 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S del análisis general.

5.2 Análisis por zonas

En este segundo análisis se intentará encontrar alguna tendencia en las predicciones dependiendo de si los municipios son de sierra, costa o valle. Los resultados obtenidos se recogen en las tablas 5.2 y 5.3.

Tabla 5.2 Resultados del análisis por zonas para HIRLAM.

| | HIRLAM 00 | | | HIRLAM 12 | | |
|---------------------|-----------|--------|-------|-----------|--------|-------|
| | Valle | Sierra | Costa | Valle | Sierra | Costa |
| Aciertos | 129 | 90 | 26 | 120 | 72 | 31 |
| Falsas alarmas | 34 | 18 | 15 | 47 | 18 | 16 |
| Fallos | 17 | 15 | 6 | 34 | 28 | 9 |
| Negativos correctos | 106 | 46 | 24 | 127 | 64 | 34 |
| PC | 0,82 | 0,81 | 0,70 | 0,75 | 0,75 | 0,72 |
| POD | 0,88 | 0,86 | 0,81 | 0,78 | 0,72 | 0,78 |
| POFD | 0,24 | 0,28 | 0,39 | 0,27 | 0,22 | 0,32 |
| TSS | 0,64 | 0,58 | 0,43 | 0,51 | 0,50 | 0,46 |
| FBI | 1,12 | 1,03 | 1,28 | 1,08 | 0,90 | 1,18 |
| FAR | 0,21 | 0,17 | 0,37 | 0,28 | 0,20 | 0,34 |
| TS | 0,72 | 0,73 | 0,55 | 0,60 | 0,61 | 0,55 |

Tabla 5.3 Resultados del análisis por zonas para la predicción por horas.

| | POR HORAS 00 | | | POR HORAS 12 | | |
|---------------------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|
| | Valle | Sierra | Costa | Valle | Sierra | Costa |
| Aciertos | 176 | 122 | 39 | 182 | 125 | 45 |
| Falsas alarmas | 72 | 32 | 21 | 72 | 31 | 20 |
| Fallos | 19 | 12 | 3 | 15 | 13 | 2 |
| Negativos correctos | 96 | 48 | 29 | 130 | 67 | 35 |
| PC | 0,75 | 0,79 | 0,74 | 0,78 | 0,81 | 0,78 |
| POD | 0,90 | 0,91 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,96 |
| POFD | 0,43 | 0,40 | 0,42 | 0,36 | 0,32 | 0,36 |
| TSS | 0,47 | 0,51 | 0,51 | 0,57 | 0,59 | 0,59 |
| FBI | 1,27 | 1,15 | 1,43 | 1,29 | 1,13 | 1,38 |
| FAR | 0,29 | 0,21 | 0,35 | 0,28 | 0,20 | 0,31 |
| TS | 0,66 | 0,73 | 0,62 | 0,68 | 0,74 | 0,67 |

Al igual que ocurría en el análisis general, las cuatro pasadas se encuentran, en general, sobrestimadas, como puede observarse en la figura 5.5. Sin embargo, la sobrestimación siempre es mayor en las zonas de costa, y menor en las zonas de sierra, donde se llega a subestimar la precipitación, en la salida de HIRLAM de las 12 UTC. Además, en la figura 5.6(a), correspondiente al *False Alarm Rate*, se han obtenido valores más altos para la costa, que estaba más sobrestimada, y mejores para la sierra.

Todo esto se traduce en que, como se observa en la figura 5.7, los valores más altos del T.S se consiguen en zonas de sierra, y los más bajos en la costa. Sin embargo, los mejores resultados del T.S.S en HIRLAM se obtienen en las zonas de valle, es decir, es donde se separan mejor episodios de precipitación de los episodios sin precipitación.

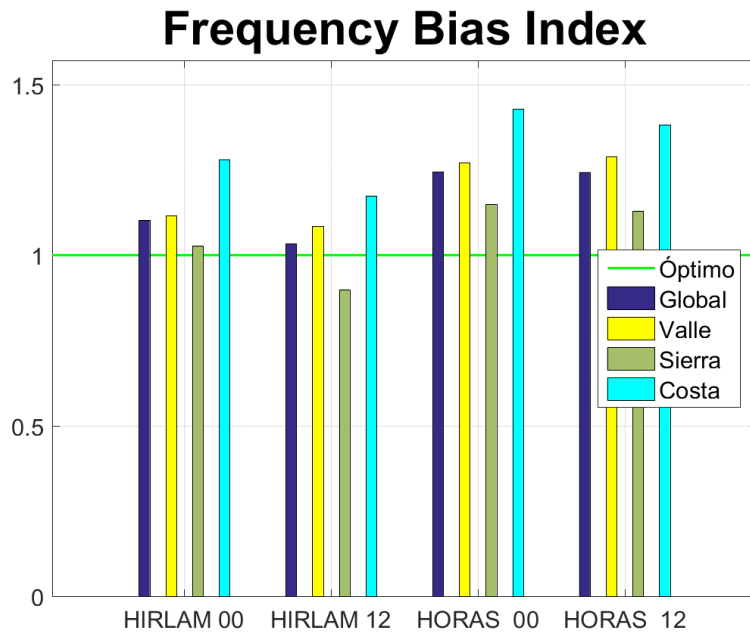


Figura 5.5 Frequency Bias Index del análisis por zonas.

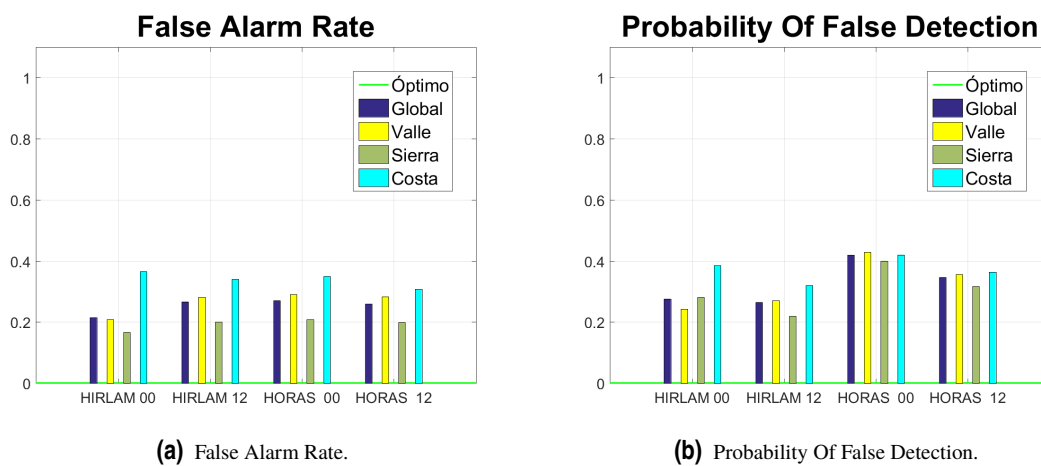


Figura 5.6 F.A.R y P.O.F.D del análisis por zonas.

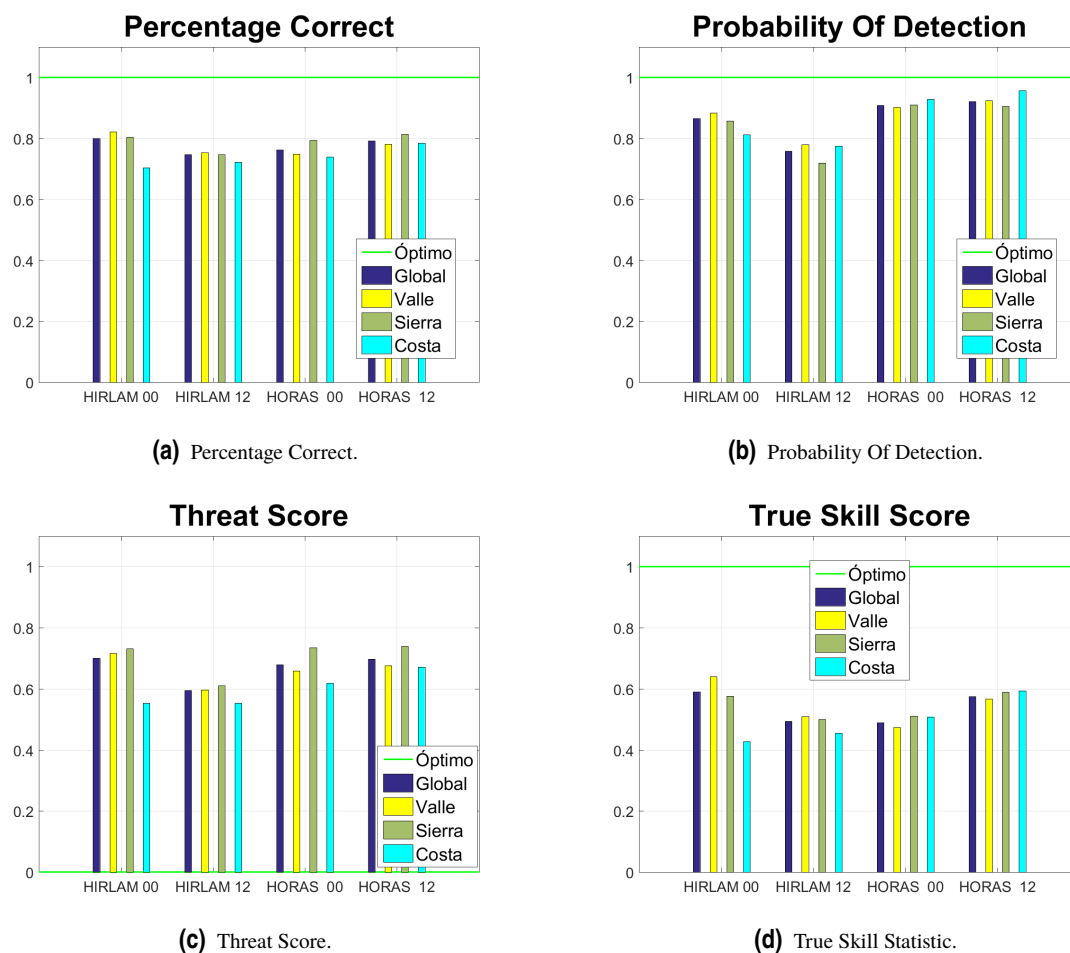


Figura 5.7 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S del análisis por zonas.

5.3 Análisis por niveles de precipitación

En este análisis, como se explicó anteriormente, se van a clasificar las precipitaciones en cinco niveles, siendo el primero el de lluvias de menor intensidad, y el quinto el de más intensidad. En la tabla 5.4 se muestran los resultados obtenidos, y en la figura 5.8 se ha hecho una representación de los mismos.

Tabla 5.4 Resultados del análisis por niveles de precipitación.

| | Nivel | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|------------|------|------|------|------|------|
| HIRLAM 00 | Nº Ep. | 91 | 59 | 45 | 58 | 25 |
| | T. acierto | 11 % | 25 % | 69 % | 53 % | 36 % |
| HIRLAM 12 | Nº Ep. | 113 | 58 | 45 | 43 | 30 |
| | T. acierto | 10 % | 28 % | 29 % | 42 % | 13 % |
| Por horas 00 | Nº Ep. | 127 | 73 | 59 | 67 | 35 |
| | T. acierto | 14 % | 42 % | 49 % | 45 % | 31 % |
| Por horas 12 | Nº Ep. | 135 | 74 | 61 | 67 | 35 |
| | T. acierto | 23 % | 49 % | 26 % | 42 % | 20 % |

Destaca que, para el nivel 1, que se corresponde con las precipitaciones más débiles, se obtienen, en casi todas las salidas, los resultados más bajos. En HIRLAM, para este nivel, la tasa de acierto está en torno al

10 %, más baja que en ambas salidas de la predicción por horas.

Para las precipitaciones de nivel 2, la predicción por horas obtiene unas tasas de acierto más del 10 % superiores a las del HIRLAM. También se observa que, para los niveles 3 y 5, las salidas de las 00 UTC de ambos modelos consiguen mejores resultados que las salidas de las 12 UTC, con diferencias significativas. El único nivel que obtiene en todas las salidas tasas de acierto por encima del 40 % es el nivel 4, aunque tan sólo en la salida de las 12 UTC de HIRLAM consigue resultados mejores al resto de niveles.

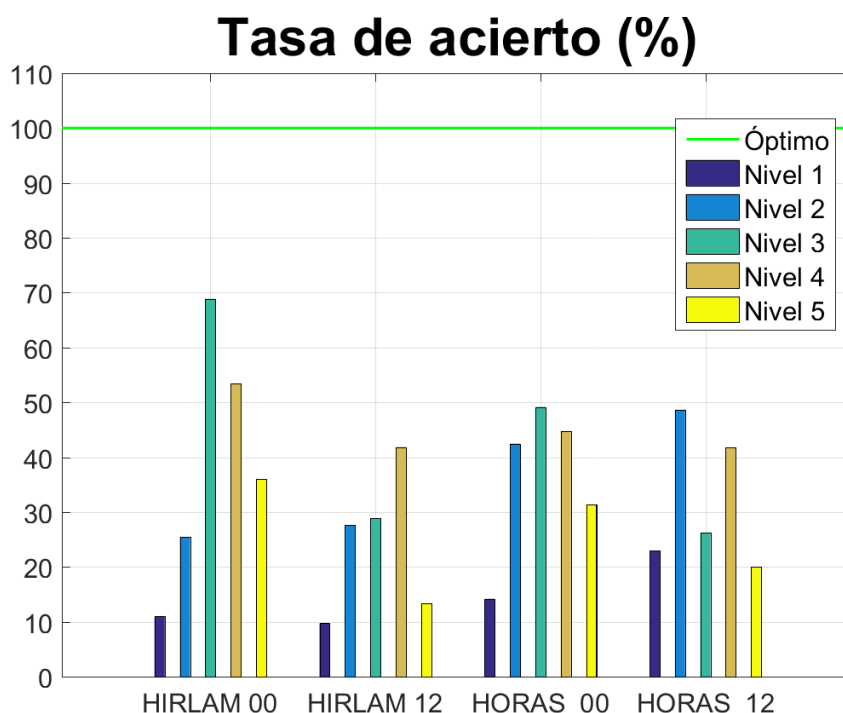


Figura 5.8 Tasas de acierto para los distintos niveles y modelos.

5.4 Análisis por niveles y zonas de precipitación

En éste último análisis de los datos de dominio público, se ha tendido en cuenta tanto la intensidad de precipitación como la zona donde se produce. Los resultados se han recogido en las tablas 5.5 y 5.6.

Tabla 5.5 Resultados del análisis por niveles y zonas para HIRLAM.

| HIRLAM 00 | | | | | | | HIRLAM 12 | | | | | | |
|-----------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|-----------|------------|--------|------------|--------|------------|--|
| VALLE | | | SIERRA | | COSTA | | VALLE | | SIERRA | | COSTA | | |
| Nv. | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | |
| 1 | 42 | 12 % | 40 | 10 % | 9 | 11 % | 55 | 11 % | 46 | 9 % | 14 | 7 % | |
| 2 | 23 | 9 % | 24 | 38 % | 12 | 33 % | 26 | 23 % | 22 | 36 % | 10 | 20 % | |
| 3 | 23 | 70 % | 21 | 71 % | 4 | 75 % | 22 | 27 % | 21 | 24 % | 4 | 75 % | |
| 4 | 31 | 55 % | 26 | 50 % | 3 | 100 % | 23 | 30 % | 15 | 40 % | 6 | 83 % | |
| 5 | 12 | 42 % | 9 | 33 % | 4 | 25 % | 14 | 21 % | 10 | 10 % | 6 | 0 % | |

En las precipitaciones de nivel 1, figura 5.9, se observa que, en todas las salidas, las tasas de acierto son más altas para las zonas de valle, aunque en HIRLAM la diferencia no es muy grande. Sin embargo, en el nivel 2, figura 5.10, no se cumple esta tendencia. En HIRLAM los resultados de las zonas de valle son inferiores a las de sierra, y lo mismo ocurre en la salida de las 12 UTC de la predicción por horas. Tan sólo en la salida de las 00 UTC de la predicción por horas las zonas de valle consiguen mejores resultados.

En el nivel 3, figura 5.11, donde las precipitaciones ya son algo más intensas, de entre 3 y 6mm en 6h, la tendencia general cambia. Las zonas que obtienen mejores tasas de acierto son las de costa y, salvo en la

Tabla 5.6 Resultados del análisis por niveles y zonas para la predicción por horas.

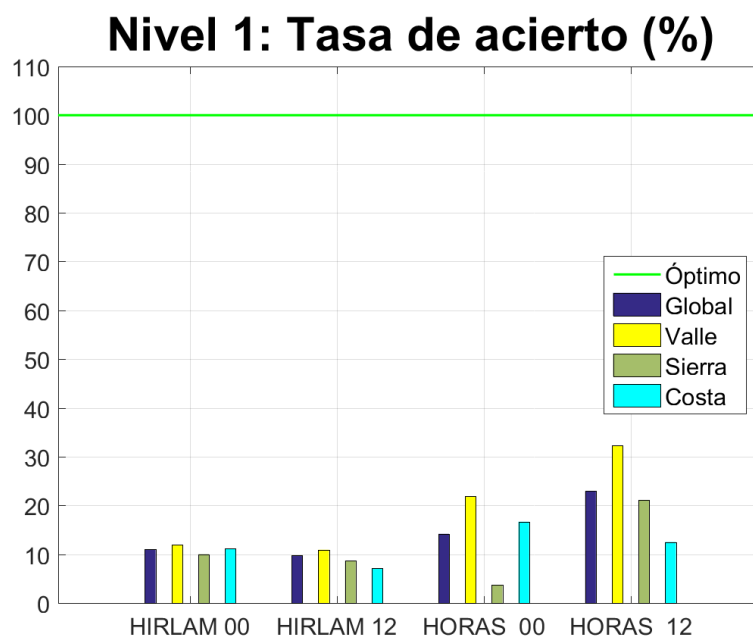
| POR HORAS 00 | | | | | | | POR HORAS 12 | | | | | |
|--------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------------|------------|--------|------------|--------|------------|
| Nv. | VALLE | | SIERRA | | COSTA | | VALLE | | SIERRA | | COSTA | |
| | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto | Nº Ep. | T. acierto |
| 1 | 64 | 22 % | 54 | 4 % | 12 | 17 % | 65 | 32 % | 57 | 21 % | 16 | 13 % |
| 2 | 31 | 52 % | 30 | 33 % | 13 | 38 % | 32 | 44 % | 30 | 47 % | 13 | 54 % |
| 3 | 30 | 37 % | 28 | 54 % | 4 | 100 % | 30 | 30 % | 29 | 31 % | 5 | 60 % |
| 4 | 36 | 47 % | 28 | 46 % | 6 | 33 % | 36 | 42 % | 28 | 43 % | 6 | 67 % |
| 5 | 15 | 33 % | 13 | 23 % | 7 | 43 % | 15 | 33 % | 13 | 31 % | 7 | 14 % |

salida de las 00 UTC de HIRLAM, las diferencias son muy significativas, de más del 30 %. De hecho, en la salida de las 00 UTC de la predicción por horas se obtiene una tasa de acierto del 100 % para estas zonas, aunque también hay que tener en cuenta que hay pocos datos en este grupo. En el nivel 4 ocurre algo similar, aunque en este caso la salida de las 00 UTC de la predicción por horas funciona peor en zonas de costa que en el resto de zonas.

Si se observa la figura 5.13, correspondiente a precipitaciones mayores de 12mm en 6h, lo primero que llama la atención es que, en general, las tasas de acierto son inferiores al nivel anterior, aunque sin ser tan bajas como en el nivel 1. Las zonas de costa dejan de ser, por lo general, las que obtienen mejores resultados, llegando incluso a obtenerse una tasa del 0 % en la salida de las 12 UTC de HIRLAM. Además, vuelven a obtenerse mejores resultados en las zonas de valle.

De este análisis, por tanto, se puede concluir que, durante este periodo de lluvias, las zonas de costa se predijeron mejor para precipitaciones de entre 3 y 12mm en 6h, mientras que en el resto de niveles, en general, los resultados fueron mejores para las zonas de valle.

En las zonas de sierra ocurre lo contrario que en el sin tener en cuenta niveles, son las que peores resultados obtienen. Esto implica que, aunque en ocasiones los modelos pronosticaban lluvias que llegaban a ocurrir, no eran de la intensidad esperada.

**Figura 5.9** Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 1.

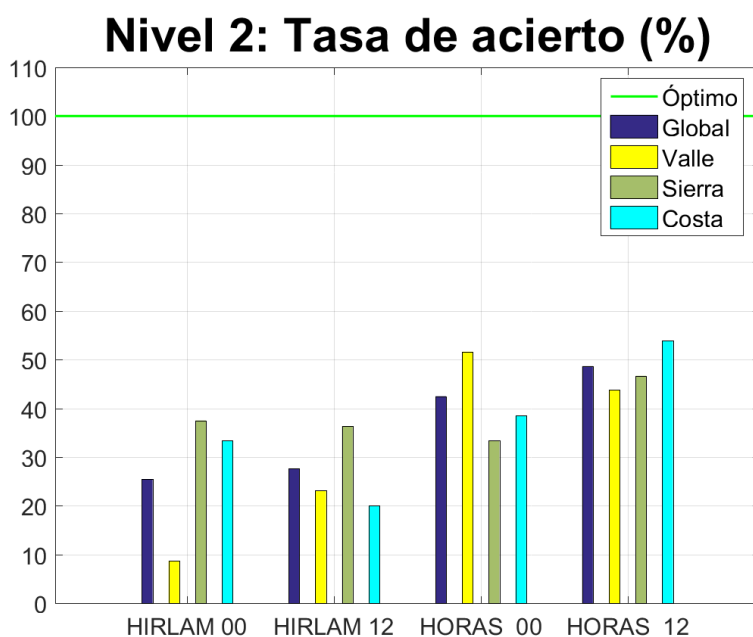


Figura 5.10 Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 2.

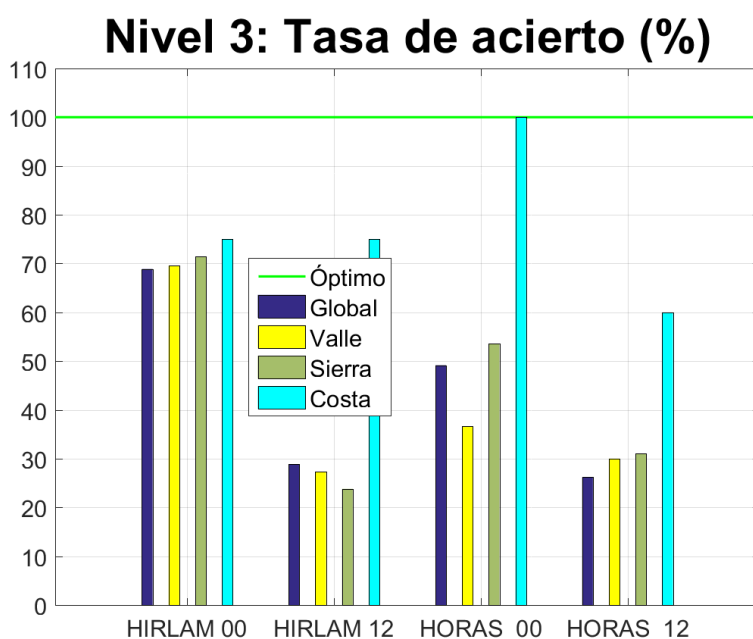


Figura 5.11 Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 3.

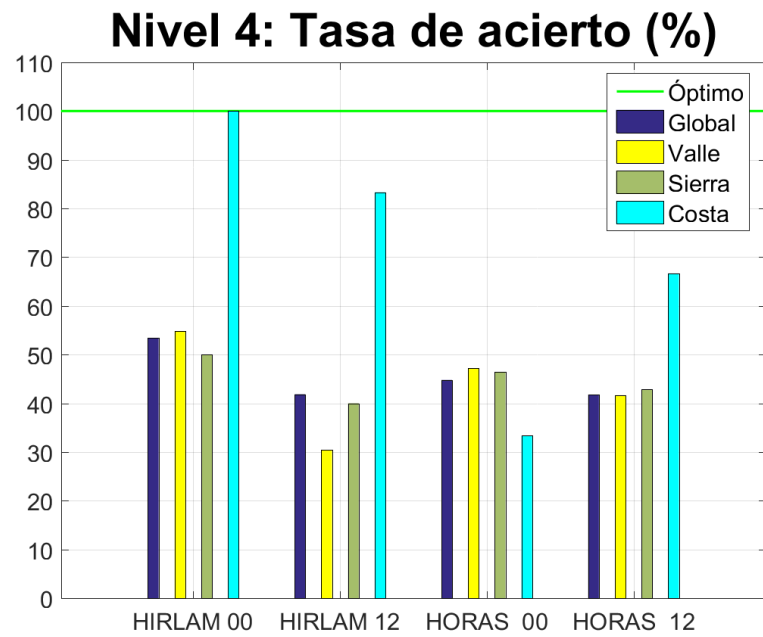


Figura 5.12 Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 4.

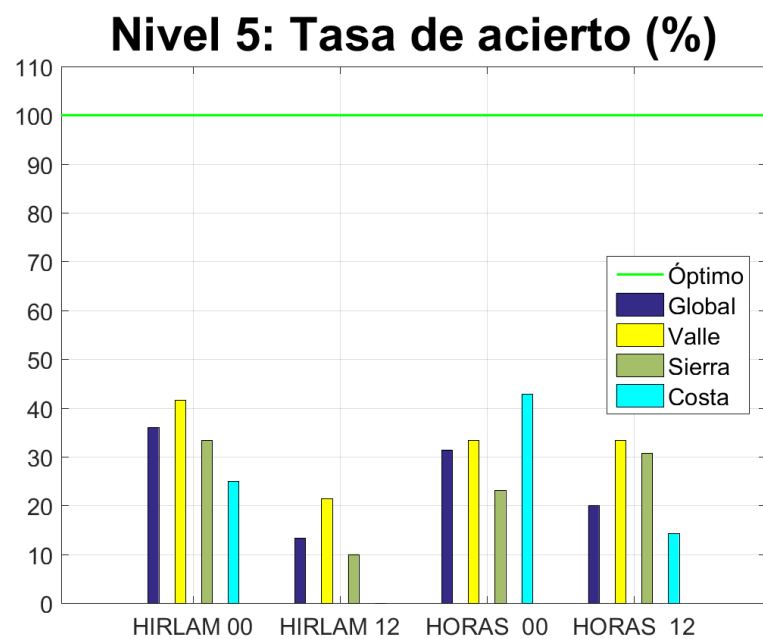


Figura 5.13 Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 5.

5.5 Conclusiones

En estos análisis se ha podido comprobar que, si no se tiene en cuenta la intensidad de la precipitación, los modelos de dominio público consiguen un *Threat Score*, que puede interpretarse como un ratio de aciertos, en cercanos a 0.7. Ambos modelos tienen un comportamiento similar, aunque, durante el periodo analizado, la salida de las 12 UTC de HIRLAM obtiene unos resultados algo inferiores.

Si se tiene en cuenta la intensidad de las lluvias, se comprueba que las peores predicciones se dan para precipitaciones débiles, ya que son más difíciles de ubicar. También se obtienen resultados bajos para las lluvias muy intensas, mientras que para intensidades intermedias los resultados son mejores.

De los análisis que diferencian según la zona en que se encuentre la estación, se obtienen resultados muy interesantes. Si no se tiene en cuenta la cantidad de precipitación acumulada, los mejores resultados se obtienen en las estaciones ubicadas en zonas de sierra, mientras que los peores se obtienen en la costa. Sin embargo, teniendo en cuenta la intensidad de las precipitaciones, los resultados cambian drásticamente, ya que, para todos los niveles, se obtienen peores resultados en las zonas de sierra. Esto se debe a que, aunque los modelos predecían lluvias que se producían, no eran de la intensidad esperada. Es de esperar que, al tener una orografía más complicada, los modelos fallen más en estas zonas.

6 Verificación de modelos en AEMET

En este capítulo se va a analizar el comportamiento de los dos modelos que más se usan en AEMET para realizar las predicciones aeronáuticas, HARMONIE Y ECMWF. Estas predicciones son de gran importancia para las labores de planificación de los aeropuertos, por lo que conviene estudiar los modelos, para hacer predicciones lo más precisas posible.

En el GPV de Sevilla, se realizan TAF para los aeropuertos de Badajoz, Andalucía, Murcia y Melilla, por lo que es interesante analizar el comportamiento de los modelos en algunos de los aeropuertos de esta zona. Concretamente, se han analizado los siguientes aeropuertos:

- LEZL - Aeropuerto de Sevilla
- LEBA - Aeropuerto de Córdoba
- GEML - Aeropuerto de Melilla
- LEMG - Aeropuerto de Málaga
- LEJR - Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

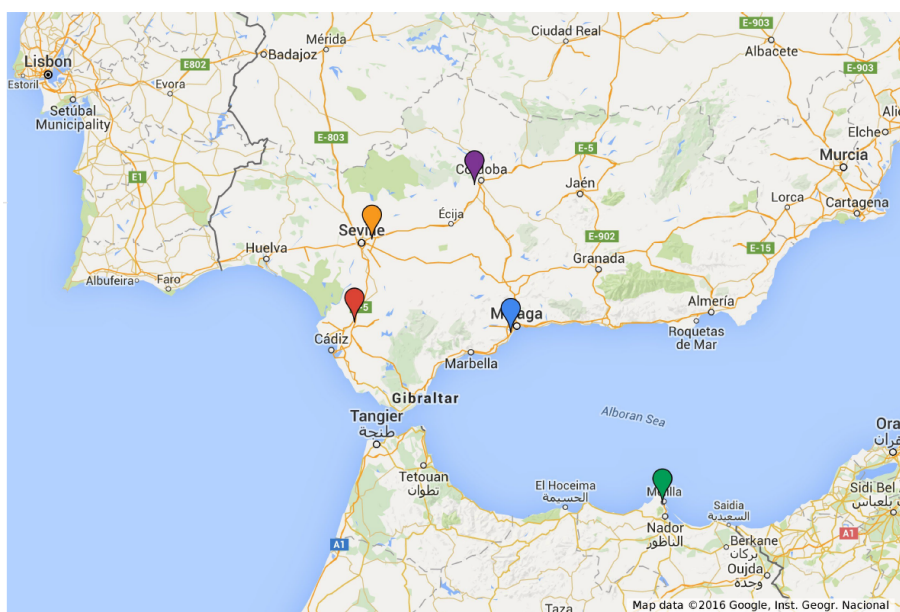


Figura 6.1 Aeropuertos de los que se han tomado datos. La marca amarilla corresponde a Sevilla, la roja a Jerez de la Frontera, la morada a Córdoba, la azul a Málaga y la verde a Melilla.

Para cada uno de estos aeropuertos, se analizará la precipitación y la visibilidad horizontal comparando los datos recogidos de los modelos con las observaciones METAR. Los datos se han recogido desde el 26 de Abril de 2016 hasta el 31 de Mayo de 2016, algo más de un mes, en la OMPA de Sevilla. Habrá que tener en

cuenta, en todos los análisis, que el periodo de estudio constituye una muestra pequeña de datos, por lo que los resultados no son concluyentes para ser generalizados a cualquier otro periodo temporal.

6.1 Precipitación

Durante el periodo de estudio, las precipitaciones más interesantes se dieron entre el 4 de mayo y el 13 de mayo de 2016. Fuera de estas fechas, no hubo precipitaciones relevantes, por lo que la verificación del funcionamiento de los modelos para predecir precipitación se centrará en este periodo. En la figura 6.2 se muestra la situación sinóptica de estos días. Como se observa, las precipitaciones fueron causadas por dos borrascas, ambas situadas al oeste de la península, en el Atlántico.

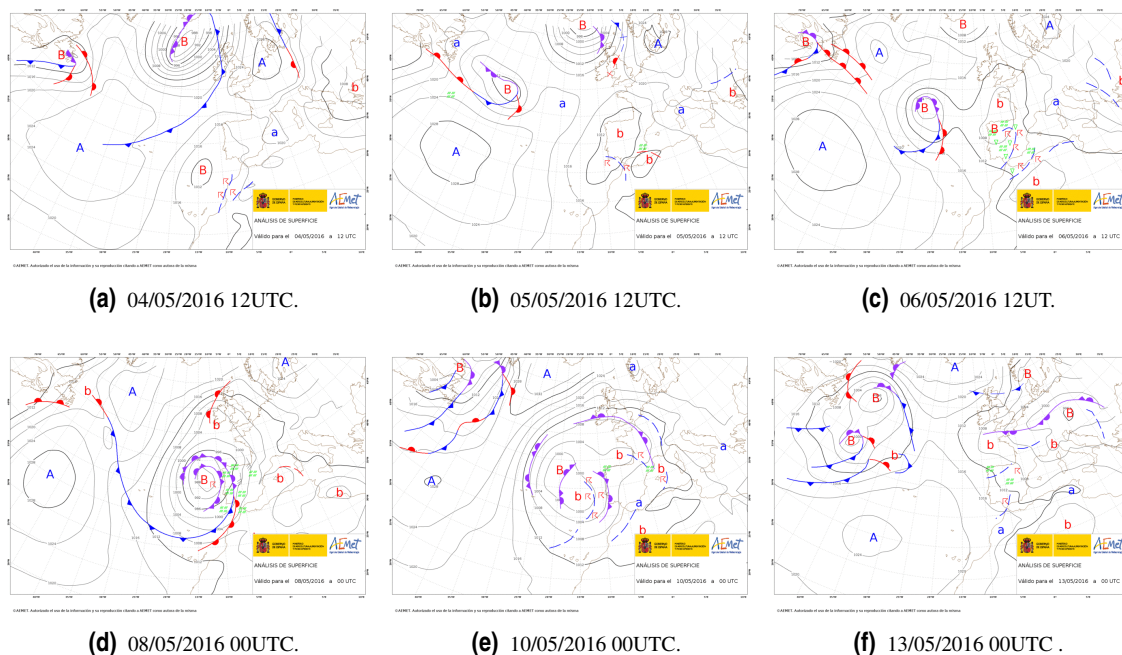


Figura 6.2 Situación sinóptica durante el periodo analizado.[3].

Para verificar el comportamiento de los modelos, se realizarán dos análisis diferentes. En el primero, más general, se analizarán conjuntamente todos los datos recogidos durante estas fechas, para cada aeropuerto, mientras que en el segundo se analizarán los datos teniendo en cuenta la hora del día a la que pertenezcan.

6.1.1 Análisis general

En este primer análisis, se han calculado los aciertos, fallos, falsas alarmas y negativos correctos del periodo de estudio para cada aeropuerto, calculando a partir de estos resultados las tasas que se explicaron en el capítulo 4.

Además, se han calculado algunas de ellas, las más representativas, teniendo en cuenta un intervalo mayor, es decir, tomando en lugar del dato del modelo de la hora exacta, el del periodo anterior y posterior (2h en HARMONIE y 3h en ECMWF). De esta forma se le da más margen al modelo, si adelanta o atrasa las precipitaciones, también se considera como acierto.

Aeropuerto de Sevilla

En primer lugar, se han recogido en la tabla 6.1 los resultados obtenidos del análisis de precipitaciones, para cada salida de HARMONIE y de ECMWF. A partir de estos datos, se representarán diferentes gráficas, que ayuden a entender el comportamiento de los modelos durante este periodo.

Para comenzar al análisis, se ha representado el *Frequency Bias Index*, figura 6.3, que da una idea general del comportamiento de los modelos, en relación a si han subestimado o sobrestimado las precipitaciones.

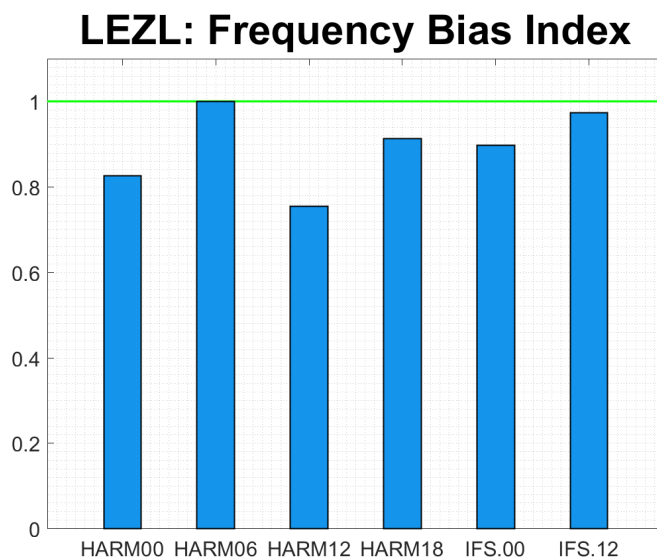
En general, tanto HARMONIE como ECMWF subestiman la precipitación, salvo la salida de HARMONIE de las 06, que obtiene $FBI = 1$. Esto no implica que las predicciones sean correctas, tan solo que el número

Tabla 6.1 LEZL: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF.

| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
|---------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| aciertos | 25 | 29 | 25 | 26 | 28 | 30 |
| Falsas alarmas | 13 | 16 | 9 | 16 | 7 | 8 |
| Fallos | 21 | 16 | 20 | 20 | 11 | 9 |
| Negativos correctos | 52 | 42 | 56 | 48 | 29 | 28 |
| PC | 0,69 | 0,69 | 0,74 | 0,67 | 0,76 | 0,77 |
| POD | 0,54 | 0,64 | 0,56 | 0,57 | 0,72 | 0,77 |
| POFD | 0,20 | 0,28 | 0,14 | 0,25 | 0,19 | 0,22 |
| TSS | 0,34 | 0,37 | 0,42 | 0,32 | 0,52 | 0,55 |
| FBI | 0,83 | 1,00 | 0,76 | 0,91 | 0,90 | 0,97 |
| FAR | 0,34 | 0,37 | 0,27 | 0,38 | 0,20 | 0,21 |
| TS | 0,42 | 0,48 | 0,46 | 0,42 | 0,61 | 0,64 |

de predicciones "sí" fue igual al número de observaciones de lluvia. Las más subestimadas fueron las salidas de las 00 y las 12 de HARMONIE.

De las dos salidas del ECMWF, la que consigue un F.B.I más próximo a la unidad es la salida de las 12 UTC, aunque la diferencia no es muy grande, tan solo de 0.08.

**Figura 6.3** Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Sevilla.

Para estudiar el comportamiento del modelo frente a falsas alarmas, se utilizan las tasas *False Alarm Rate* y *Probability Of False Detection*, representadas en la figura 6.4. La primera gráfica (figura 6.4(a)) representa la fracción de predicciones "sí" que no se cifraron en el metar. El ECMWF tiene un ratio de falsa alarma menor, sin ser el más subestimado. Las pasadas que presentan un peor comportamiento en este aspecto son las salidas de las 06 UTC y las 18 UTC de HARMONIE. Tal como se indicó anteriormente, un $F.B.I = 1$ no implica que el modelo haya realizado una predicción perfecta, como confirman estos datos.

La distribución de la P.O.F.D (figura 6.4(b)) es similar a la que se encontraba en la F.B.I. Esto es de esperar, ya que las salidas que están más subestimadas tendrán un mayor porcentaje de negativos correctos, lo que hará que disminuya su P.O.F.D. Sin embargo, si se compara la *Probability Of False Detection* de una salida del HARMONIE y otra del ECMWF que tengan F.B.I parecidas, como son las salidas H18 e IFS00, se obtiene una P.O.D inferior para el modelo del ECMWF. Junto con los resultados del *False Alarm Rate*, esto confirma que en el Aeropuerto de Sevilla el modelo del ECMWF tuvo un mejor comportamiento en lo que a falsas alarmas se refiere.

En la figura 6.5 se han representado algunos índices que miden los aciertos del modelo en diferentes casos.

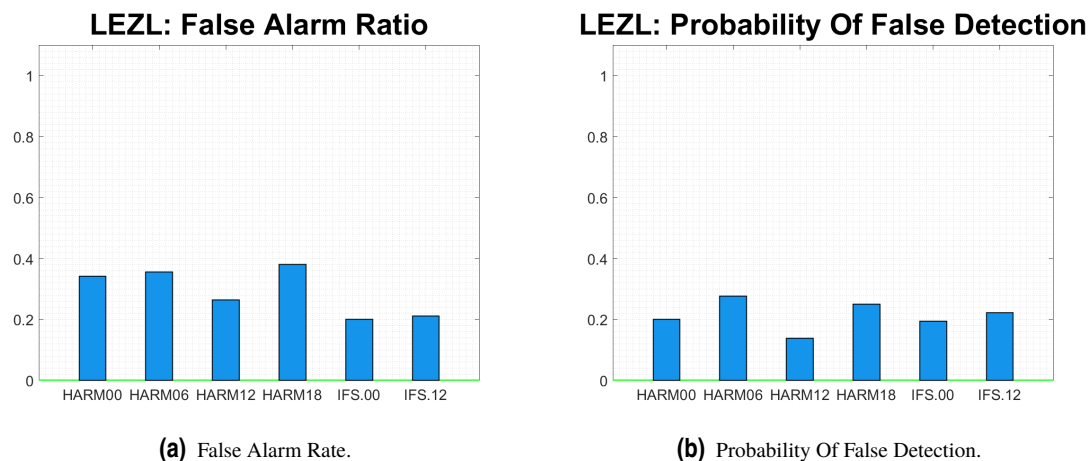


Figura 6.4 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Sevilla.

En primer lugar, en la figura 6.5 (a), correspondiente al *Percentage Correct*, se ve que todas las salidas de los modelos obtienen resultados similares. Esto se debe a los periodos de "no lluvia", que suavizan los resultados. Aún así, se aprecia que el P.C de las dos salidas del ECMWF está ligeramente por encima del obtenido por HARMONIE.

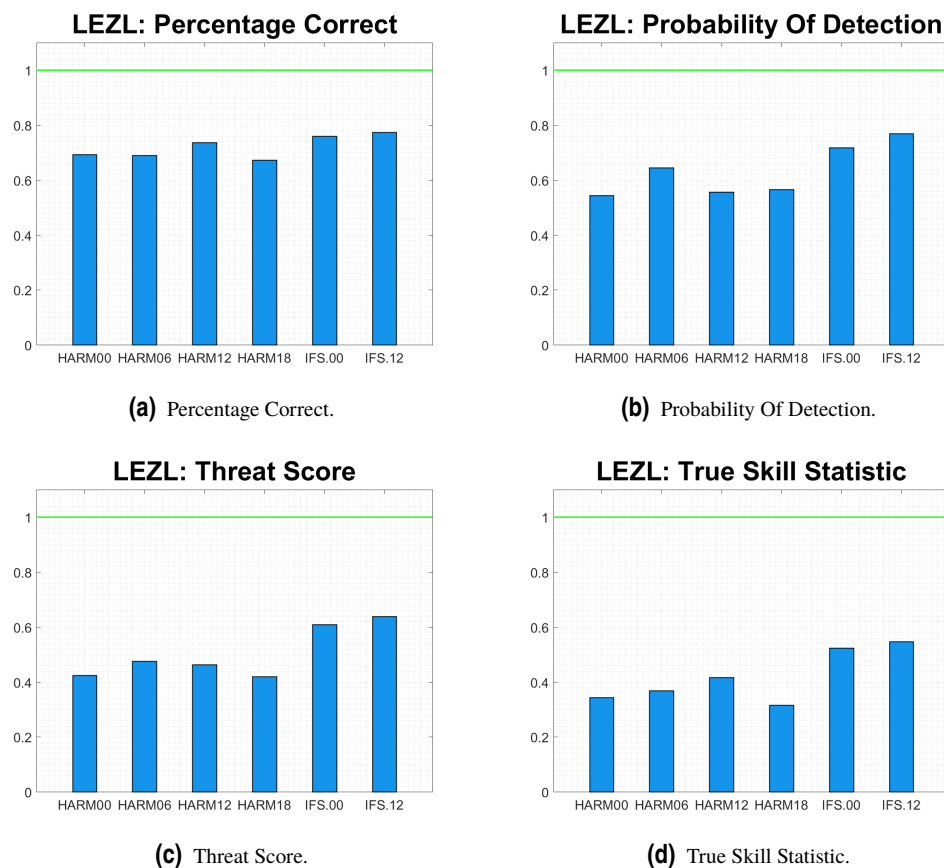


Figura 6.5 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Sevilla.

La gráfica 6.5(b), correspondiente a la *Probability Of Detection*, refleja una diferencia más marcada entre las distintas pasadas. Esto se debe a que este indicador no tiene en cuenta ni los aciertos por negativos correctos, ni los fallos por falsas alarmas. Ambas pasadas del ECMWF obtienen una P.O.D superior a cualquiera de las salidas de HARMONIE, con una diferencia en torno al 0.1. Por otro lado, comparando las cuatro salidas de HARMONIE, vemos que la de las 06 UTC tiene una P.O.D superior al resto, alcanzando $P.O.D = 0.644$. Esta diferencia puede explicarse recordando que, de las pasadas del HARMONIE, la de las 06 UTC era la que tenía mejor *Frequency Bias Index*.

La gráfica de la figura 6.5(c), representa el *Threat Score*, en el que ya se tienen en cuenta los fallos por falsas alarmas. Es lógico, por tanto, que los valores en general sean más bajos que los que se obtenían en P.C y P.O.D. Aún así, se observa la misma distribución que en la *Probability of Detection*, aunque más suavizada. Destaca en esta gráfica que el ECMWF sigue obteniendo mejores resultados que HARMONIE, con una diferencia considerable, cercana al 15 %.

Por último, se ha representado en la figura 6.5(d) el indicador *True Skill Score*, que mide la capacidad del modelo para separar los episodios de precipitación de los de no precipitación. En este aspecto, también se comporta mejor el modelo del ECMWF, con una diferencia significativa frente a HARMONIE.

En general, en todos los aspectos vistos hasta el momento, el modelo del ECMWF ha obtenido mejores resultados. Además, ambas pasadas del modelo han tenido un comportamiento similar, no es posible afirmar que una de las dos ha funcionado mejor, ya que, aunque la salida IFS12 se comporta ligeramente mejor que la de IFS00 frente a los aciertos, ocurre lo contrario en el caso de las falsas alarmas.

Las salidas de HARMONIE también han tenido un comportamiento similar, no se puede destacar una de ellas como "mejor". Sin embargo, si que ha habido una que ha funcionado peor que el resto. Se trata de la salida de las 18 UTC que, teniendo un $T.S = 0.419$, el más bajo, tuvo el F.A.R más alto, y también una P.O.F.D de las más altas.

Es interesante analizar como varían los resultados del modelo si se considera un intervalo de tiempo mayor. Como se explicó anteriormente, aumentarán las falsas alarmas, pero también lo harán los aciertos.

En primer lugar, en la figura 6.6 comprobamos que, debido al aumento de falsas alarmas, aumentan tanto la F.A.R como la P.O.F.D. El aumento es más pronunciado en la *Probability of False Detection*, ya que al aumentar las falsas alarmas, disminuye el número de negativos correctos.

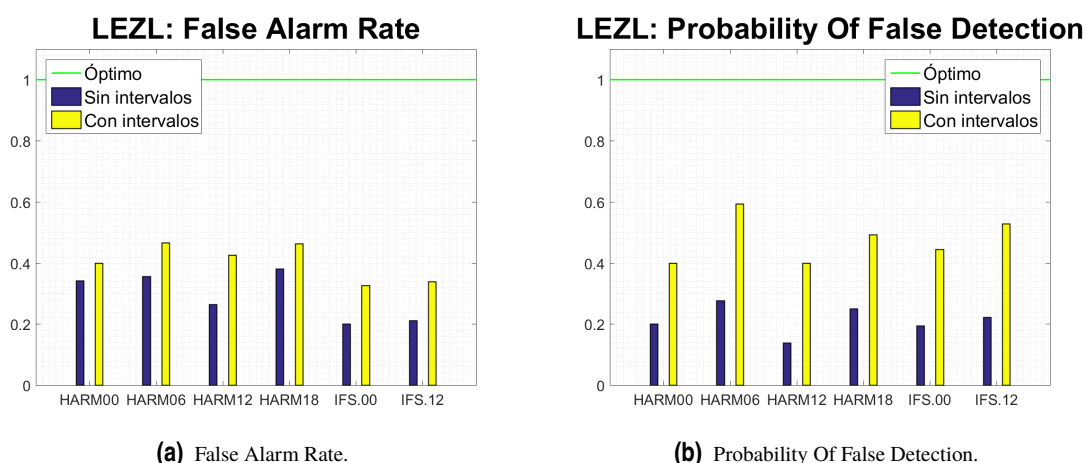


Figura 6.6 F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Sevilla.

El *False Alarm Rate*, en general, aumenta más en el ECMWF. Además, en la figura 6.6(a) se observa que el aumento de la *Probability of Detection* aumenta de forma menos brusca en éste modelo. En HARMONIE ocurre al contrario, se produce un aumento menor en el F.A.R y mayor en la P.O.D. Esto es debido a que el modelo del ECMWF se adaptó mejor a los tiempos en que ocurrieron las precipitaciones, mientras que HARMONIE tuvo mas atrasos o adelantos. Esto se confirma observando las gráficas 6.5(b) y (c). En el modelo del ECMWF la T.S.S disminuye considerablemente, lo que implica que mirando las horas exactas el modelo separa mejor los episodios de lluvia de los de no lluvia. Además la T.S no varía o empeora, mientras que en HARMONIE aumenta.

La salida de HARMONIE que mejora más notablemente sus resultados es la de las 00UTC, ya que mejora tanto la T.S como la T.S.S, mientras que la F.A.R aumenta menos que en el resto de salidas. Además, es en la salida donde la P.O.D aumenta más bruscamente. Mirando la hora exacta esta salida de HARMONIE funciona igual que el resto, pero sin embargo mirando en un intervalo de tiempo mayor, su comportamiento mejora, acercándose a los resultados que alcanza el ECMWF.

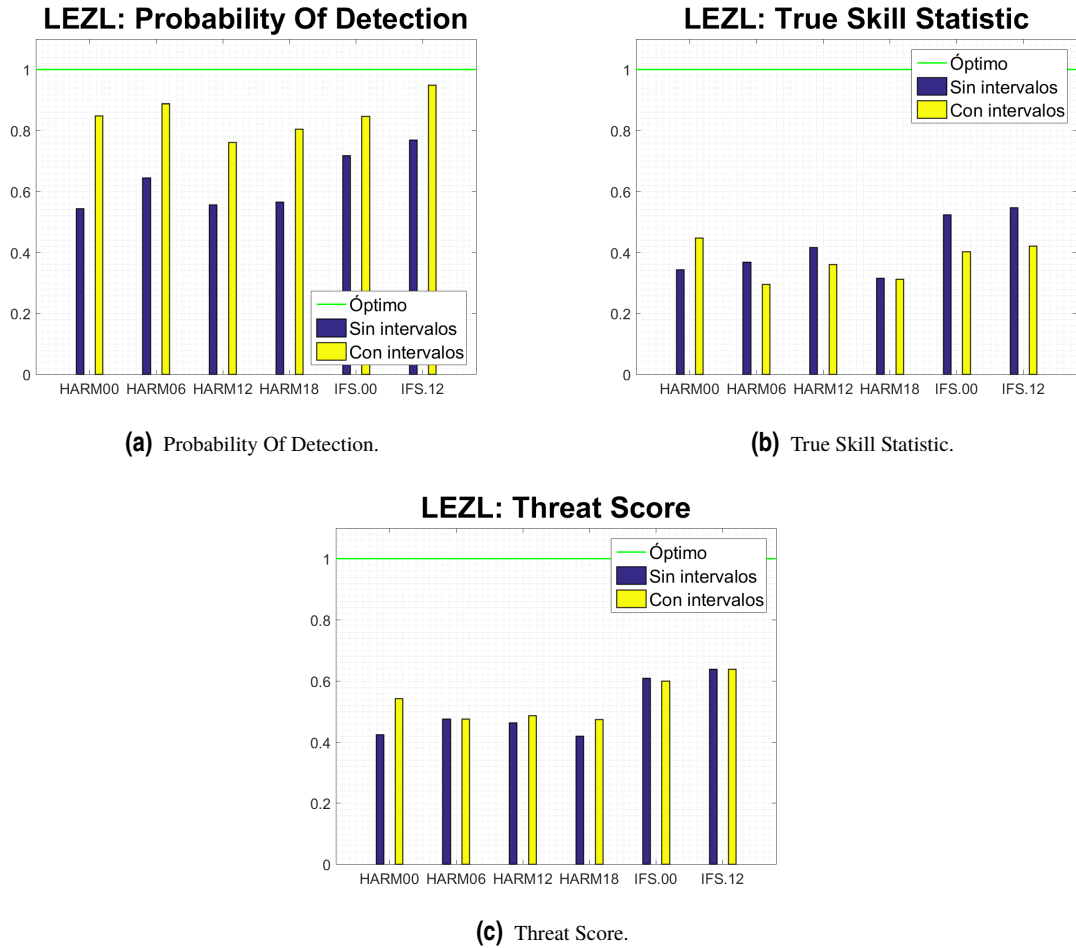


Figura 6.7 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Sevilla.

Aeropuerto de Córdoba

Para el Aeropuerto de Córdoba, los datos obtenidos se han recogido en la tabla 6.2.

Tabla 6.2 LEBA: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF.

| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
|---------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Aciertos | 16 | 15 | 10 | 15 | 16 | 19 |
| Falsas alarmas | 14 | 10 | 11 | 9 | 11 | 19 |
| Fallos | 10 | 11 | 15 | 10 | 5 | 2 |
| Negativos correctos | 36 | 35 | 39 | 41 | 26 | 18 |
| PC | 0,68 | 0,70 | 0,65 | 0,75 | 0,72 | 0,64 |
| POD | 0,62 | 0,58 | 0,40 | 0,60 | 0,76 | 0,90 |
| POFD | 0,28 | 0,22 | 0,22 | 0,18 | 0,30 | 0,51 |
| TSS | 0,34 | 0,35 | 0,18 | 0,42 | 0,46 | 0,39 |
| FBI | 1,15 | 0,96 | 0,84 | 0,96 | 1,29 | 1,81 |
| FAR | 0,47 | 0,40 | 0,52 | 0,38 | 0,41 | 0,50 |
| TS | 0,40 | 0,42 | 0,28 | 0,44 | 0,50 | 0,48 |

Representando el *Frequency Bias Index*, se observa que, en este caso, ambas salidas del modelo del ECMWF sobrestiman la precipitación, así como la salida de las 00 UTC de HARMONIE. De estas tres, la que más sobrestima es la salida IFS12, seguida por IFS00. El resto de salidas de HARMONIE subestima la precipitación, aunque las salidas de las 06 UTC y 18 UTC tienen un F.B.I próximo a 1.

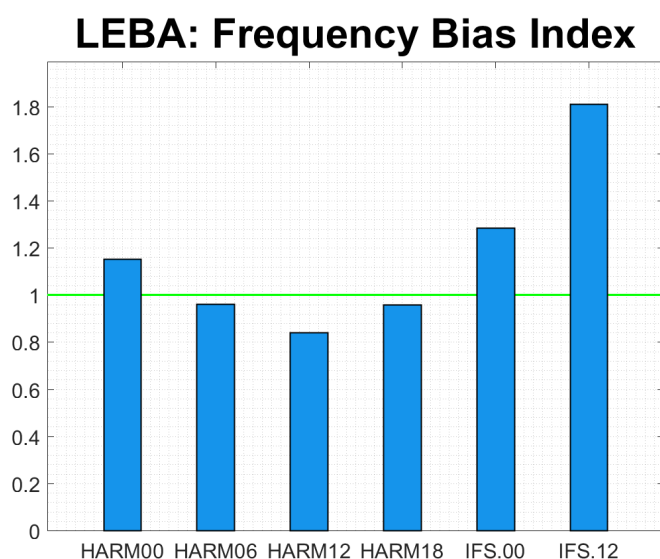


Figura 6.8 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Córdoba.

La distribución de la *Probability of False Detection* (figura 6.9(b)) se asemeja a la del F.B.I, alcanzándose los mayores valores en las salidas del modelo que se sobrestimaban más. Sin embargo, en el *False Alarm Rate* no encontramos esta distribución. Lo que ocurre es que en las salidas sobrestimadas (H00, IFS00, IFS12), hay un mayor porcentaje de episodios de "no lluvia" que se predijeron como episodios de precipitación, en comparación con las salidas subestimadas, como es de esperar. Sin embargo, el F.A.R más alto se produce en la salida más subestimada (H12), lo que significa que fue la salida en la que se dio el mayor porcentaje de predicciones "sí" que no ocurrieron. La explicación es que, aunque las salidas sobrestimadas tengan un mayor número de falsas alarmas, tuvieron un mayor número de aciertos que algunas salidas subestimadas, como la de HARMONIE de las 12 UTC. Por último, hay que destacar que la salida de HARMONIE de las 18 UTC tuvo mejor comportamiento que el resto en lo que a falsas alarmas se refiere, ya que consigue los

menores valores de F.A.R y P.O.F.D. La salida de HARMONIE de las 06 UTC también tuvo unos resultados similares, aunque ligeramente inferiores.

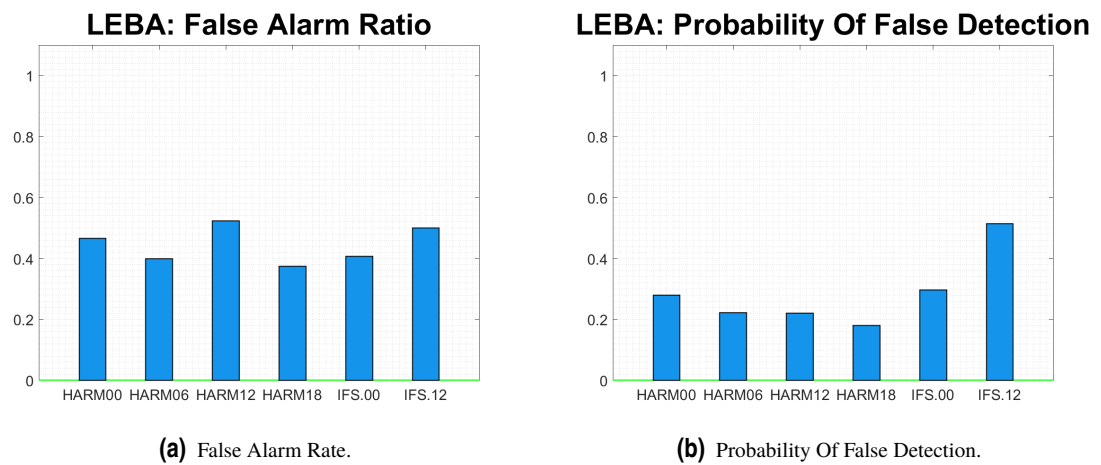


Figura 6.9 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Córdoba.

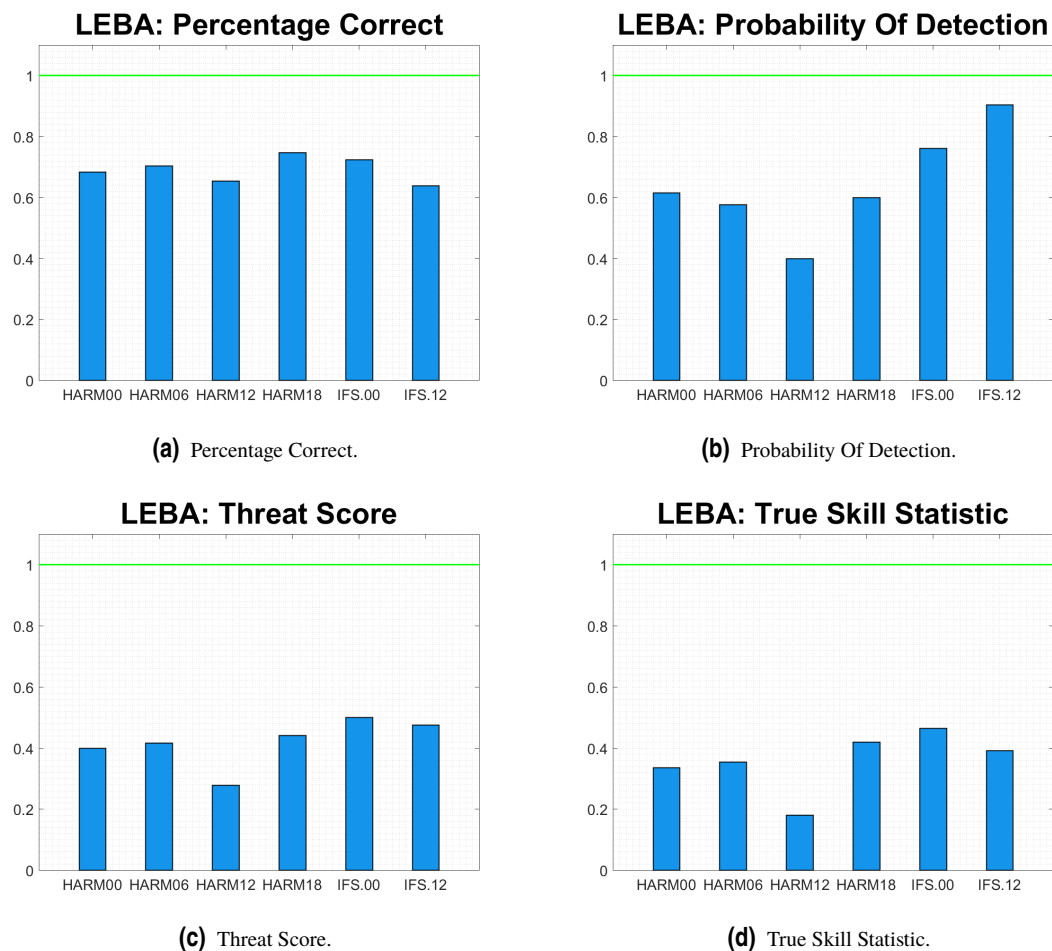


Figura 6.10 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Córdoba.

La *Probability of Detection*, figura 6.10(b), es mayor en las salidas del ECMWF, que eran las más sobrestimadas. Además la diferencia entre ambas pasadas es importante, siendo la de las 12 UTC la que tiene mayor P.O.D. Las salidas del HARMONIE de las 00 UTC, 06 UTC y 18 UTC obtienen resultados parecidos, aunque la de las 00 UTC, que era la única sobrestimada, obtiene una P.O.D ligeramente superior, pero muy por debajo de los resultados del ECMWF. La salida de las 12UTC de HARMONIE es la que obtiene peores resultados, con una diferencia importante, de alrededor del 20 % con respecto al resto de salidas de HARMONIE. Además, también es la que tiene el *Threat Score* más bajo, aunque la diferencia se suaviza ligeramente al considerar las falsas alarmas como fallos. También se suaviza la diferencia entre HARMONIE Y ECMWF, que obtienen T.S del mismo orden. De hecho, la salida que obtiene el mayor T.S es la de IFS00, en lugar de la de IFS12. Esto se debe a que, aunque la de las 12 UTC tenga mayor número de aciertos, también tienen mayor número de falsas alarmas. En HARMONIE ocurre algo similar, ya que las salidas de las 06 UTC y 18 UTC obtienen mayor T.S, aunque la P.O.D era mayor en H00.

En general, la salida que mejor se adaptó a las precipitaciones en el Aeropuerto de Córdoba fue la de las 00 UTC del ECMWF, ya que tiene un comportamiento frente a falsas alarmas correcto, y obtiene los mejores resultados de *Threat Score*. Además, es la que tiene mayor *True Skill Statistic* (figura 6.10(d)), es decir, es la que mejor separa los episodios "lluvia" de los "no lluvia".

La salida de HARMONIE de las 18 UTC también obtiene unos resultados similares, de hecho, es la que tiene el *Percentage Correct* más alto y, después de IFS00, es la que mejor separa los episodios de precipitación de los episodios sin precipitación

Aunque pueda parecer que el comportamiento de la pasada de las 12 UTC del ECMWF fue mejor al mirar algunas gráficas, sobrestimó demasiado la precipitación, lo que se traduce en que los resultados finales no son tan buenos.

En todos los aspectos, la pasada que peores resultados obtiene es la salida de las 12 UTC de HARMONIE. Siendo la más subestimada, tiene un alto ratio de falsas alarmas, y valores muy bajos de P.O.D y T.S. Además, es la que peor separa los episodios "sí" de los "no".

Para terminar el análisis en el Aeropuerto de Córdoba, se van a mostrar los resultados obtenidos teniendo en cuenta intervalos temporales mayores.

La salida que más mejora sus resultados es la de las 12 UTC de HARMONIE, la que tenía peor comportamiento. Es la salida en la que la F.A.R aumenta menos, de hecho, tan solo aumenta un 2 %. Además, la P.O.D casi duplica su valor, y aumentan tanto la T.S como la T.S.S.

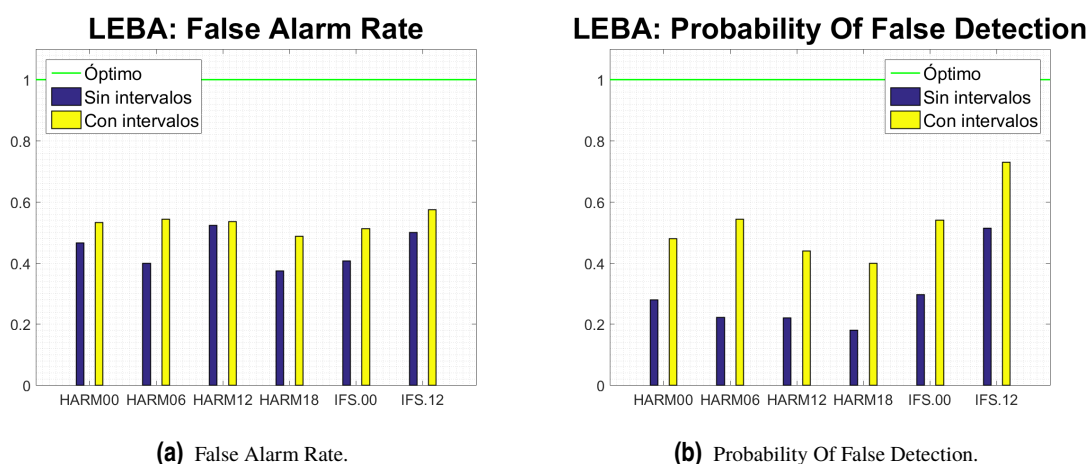


Figura 6.11 F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Córdoba.

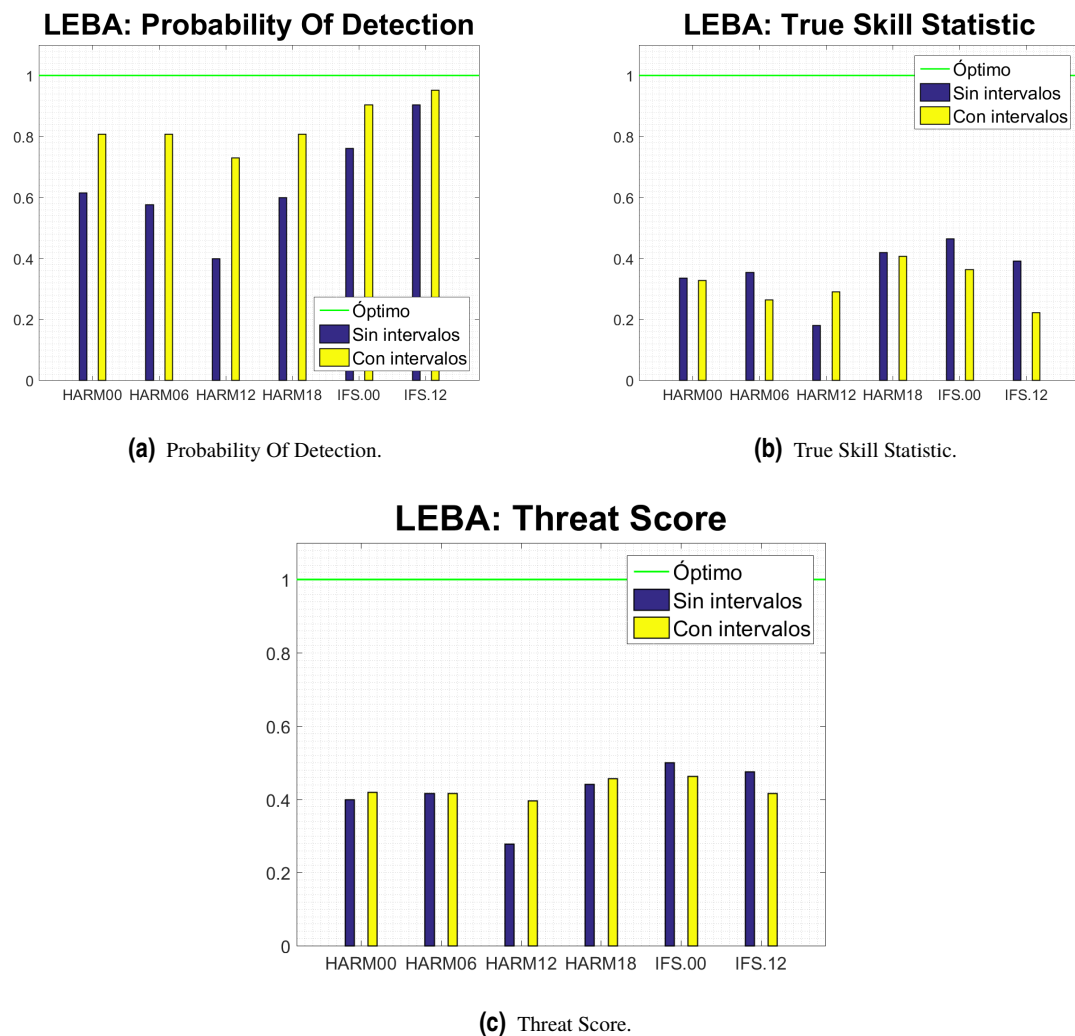


Figura 6.12 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Córdoba.

Aeropuerto de Melilla

Los resultados obtenidos para el Aeropuerto de Melilla se muestran en la tabla 6.3. A simple vista, se observa que el número de aciertos es menor que en los aeropuertos analizados hasta el momento.

Tabla 6.3 GEML: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF.

| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
|---------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Aciertos | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 7 |
| Falsas alarmas | 12 | 12 | 9 | 12 | 8 | 5 |
| Fallos | 9 | 9 | 10 | 10 | 6 | 8 |
| Negativos correctos | 56 | 51 | 58 | 55 | 34 | 37 |
| PC | 0,76 | 0,74 | 0,78 | 0,74 | 0,75 | 0,77 |
| POD | 0,50 | 0,50 | 0,44 | 0,44 | 0,60 | 0,47 |
| POFD | 0,18 | 0,19 | 0,13 | 0,18 | 0,19 | 0,12 |
| TSS | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,27 | 0,41 | 0,35 |
| FBI | 1,17 | 1,17 | 0,94 | 1,11 | 1,13 | 0,80 |
| FAR | 0,57 | 0,57 | 0,53 | 0,60 | 0,47 | 0,42 |
| TS | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,27 | 0,39 | 0,35 |

En figura 6.13, correspondiente al *Frequency Bias Index*, se observa que, al contrario de lo que ocurría en Sevilla y Córdoba, HARMONIE sobrestima la precipitación en la mayoría de sus pasadas. La única pasada de HARMONIE que subestima es la de la 12 UTC.

En el Modelo del Centro Europeo ocurre algo similar. En los aeropuertos LEBA y LEZL, la pasada de las 12 UTC sobrestimaba más que la de las 00 UTC. Sin embargo, en Melilla la pasada de las 12 UTC es la más subestimada, mientras que la de las 00 UTC si está sobrestimada.

Las pasadas que más sobrestiman la precipitación son la de la 00 UTC y la de las 06 UTC de HARMONIE, pero la de las 18 UTC de HARMONIE y la de las 00 UTC del ECMWF obtienen valores del F.B.I similares.

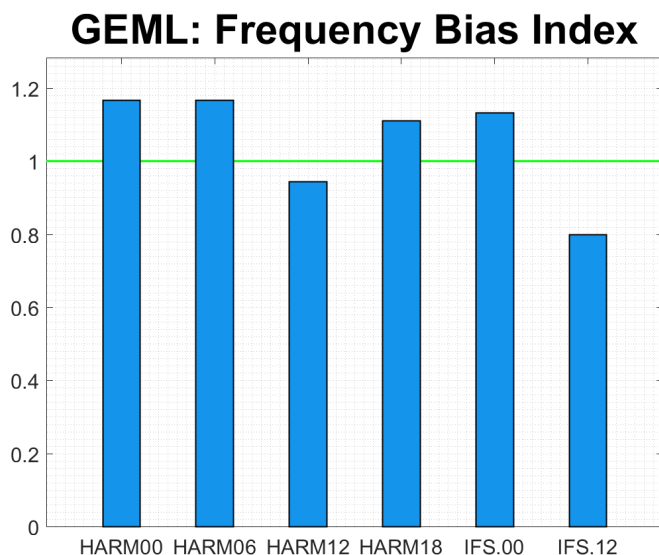


Figura 6.13 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Melilla.

El *False Alarm Rate*, representado en la figura 6.14 (a) es, en general, bastante alto. En HARMONIE, el F.A.R está alrededor del 60%. Sin embargo, la *Probability Of False Detection* (figura 6.14(b) alcanza valores mucho más bajos, en torno al 20%, debido a que el número de falsas alarmas es muy pequeño frente al de negativos correctos.

En general, el F.A.R es mayor en HARMONIE que en el modelo de Centro Europeo. La mejor salida del ECMWF en cuanto a falsas alarmas es IFS12, y la mejor de HARMONIE es también la de las 12 UTC.

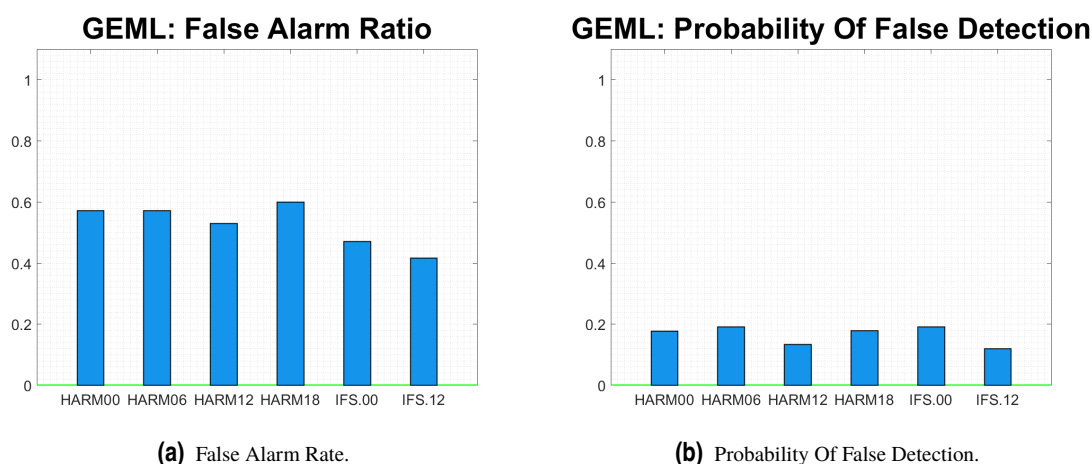


Figura 6.14 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Melilla.

El *Percentage Correct* alcanza valores similares para todas las pasadas, como ocurría en los aeropuertos de Córdoba y Sevilla. En la gráfica de la *Probability Of Detection*, figura 6.15(b), sí se observa que la salida de las 00 UTC de ECMWF es la que consigue mayor P.O.D. Esta salida estaba algo menos sobrestimada que las salidas de las 00 UTC y las 06 UTC de HARMONIE, y aún así sus resultados son mejores. También obtiene la mejor T.S, donde ya se tienen en cuenta los fallos por falsas alarmas. También es mejor que la salida IFS12 en este aspecto, y, aunque esta salida tenía menor ratio de falsas alarmas, la T.S.S es superior en IFS00.

De HARMONIE, las salidas de las 00 UTC y las 06 UTC (sobrestimadas) obtienen resultados similares a la de las 12 UTC (subestimadas). La diferencia entre ellas es que las sobrestimadas consiguen una mayor P.O.D, pero también se comportan peor frente a falsas alarmas, de forma que al final las tres pasadas consiguen un T.S similar, y también un *True Skill Statistic* (figura 6.15(d)) del mismo orden.

La salida con peores resultados en las de las 18 UTC de HARMONIE, ya que, estando sobrestimada, obtiene los valores más bajos de P.O.D y T.S. Además, tiene el *False Alarm Rate* más alto, y es la que peor separa los episodios de lluvia de los "no lluvia".

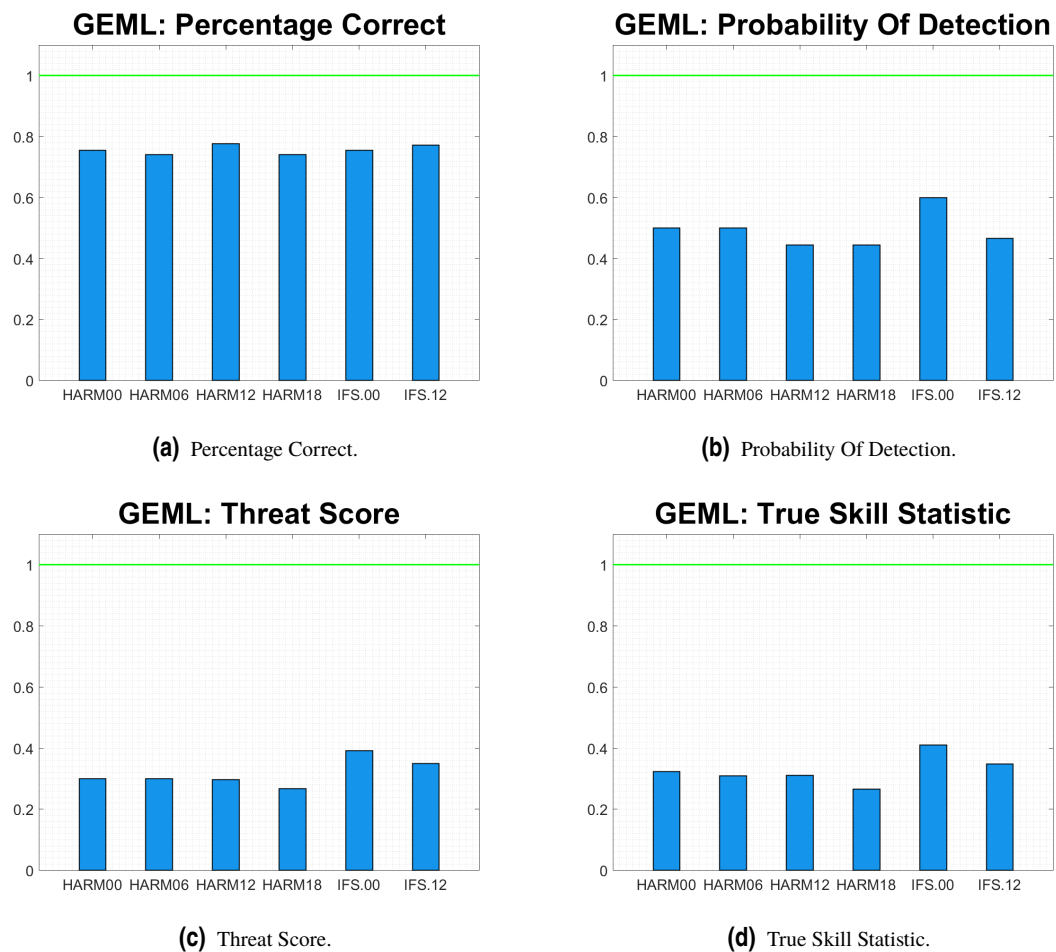


Figura 6.15 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Melilla.

Si se tienen en cuenta intervalos, se confirma que la pasada que fue mejor fue la de las 00 UTC del ECMWF, ya que es la que menos varía su P.O.D, y la que más incrementa el F.A.R y la P.O.F.D. Además, es la única en la que tanto el *Threat Score* como el *True Skill Statistic* empeoran al considerar intervalos. Esto demuestra que el modelo se adaptó bien a las horas en las que se produjeron precipitaciones.

También se confirma que la salida de HARMONIE de las 18 UTC funcionó peor que el resto, ya que ocurre lo contrario que en IFS00, aumenta mucho la P.O.D, mientras que el ratio de falsas alarmas se mantiene prácticamente constante, y la P.O.F.D aumenta menos que en el resto de pasadas. También es la salida en la que más aumentan el *Threat Score* y el *True Score Statistic*.

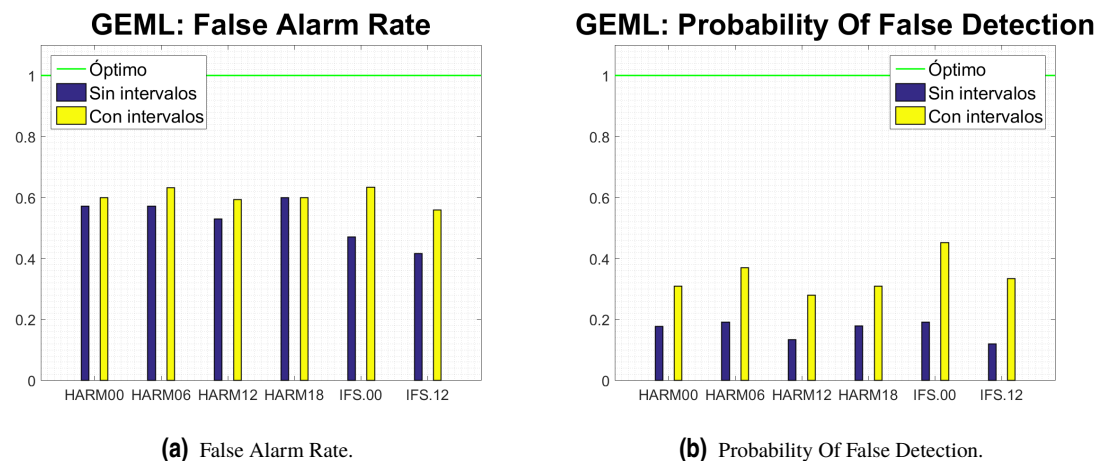
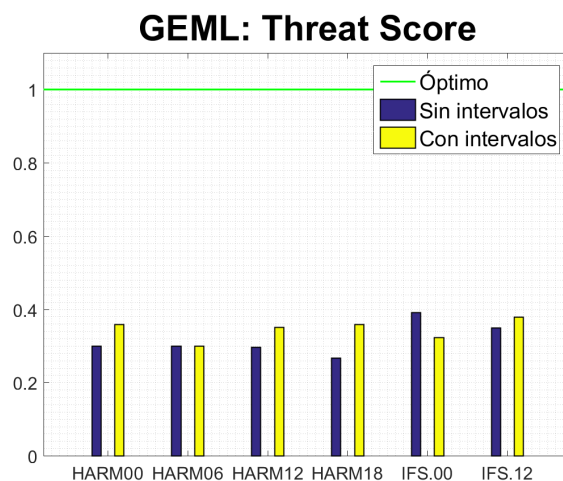
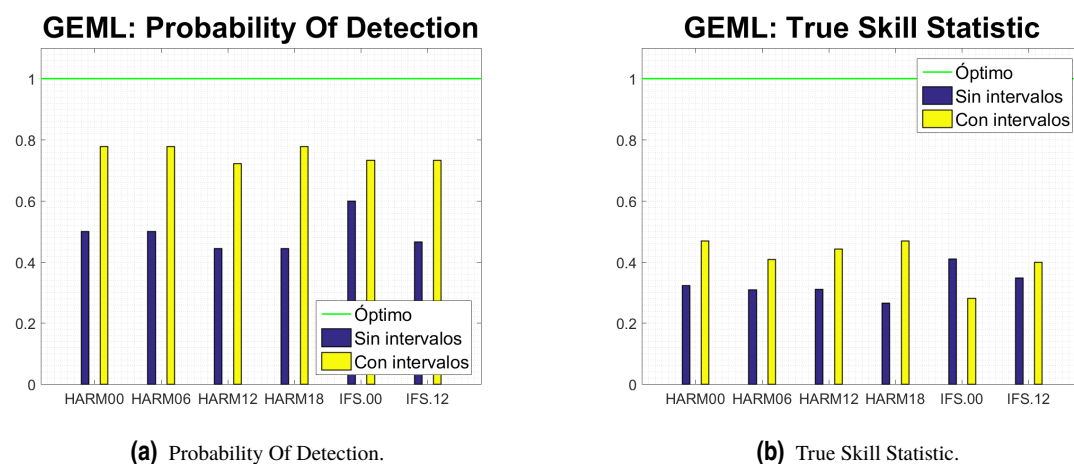


Figura 6.16 F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Melilla.



(c) Threat Score.

Figura 6.17 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Melilla.

Aeropuerto de Málaga

Los resultados obtenidos para el Aeropuerto de Málaga se recogen en la tabla 6.4.

Tabla 6.4 LEMG: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF.

| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
|---------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Aciertos | 18 | 17 | 11 | 14 | 20 | 23 |
| Falsas alarmas | 9 | 8 | 6 | 9 | 10 | 8 |
| Fallos | 14 | 15 | 20 | 18 | 8 | 5 |
| Negativos correctos | 69 | 63 | 73 | 69 | 37 | 39 |
| PC | 0,79 | 0,78 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,83 |
| POD | 0,56 | 0,53 | 0,36 | 0,44 | 0,71 | 0,82 |
| POFD | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,12 | 0,21 | 0,17 |
| TSS | 0,45 | 0,42 | 0,28 | 0,32 | 0,50 | 0,65 |
| FBI | 0,84 | 0,78 | 0,55 | 0,72 | 1,07 | 1,11 |
| FAR | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,39 | 0,33 | 0,26 |
| TS | 0,44 | 0,43 | 0,30 | 0,34 | 0,53 | 0,64 |

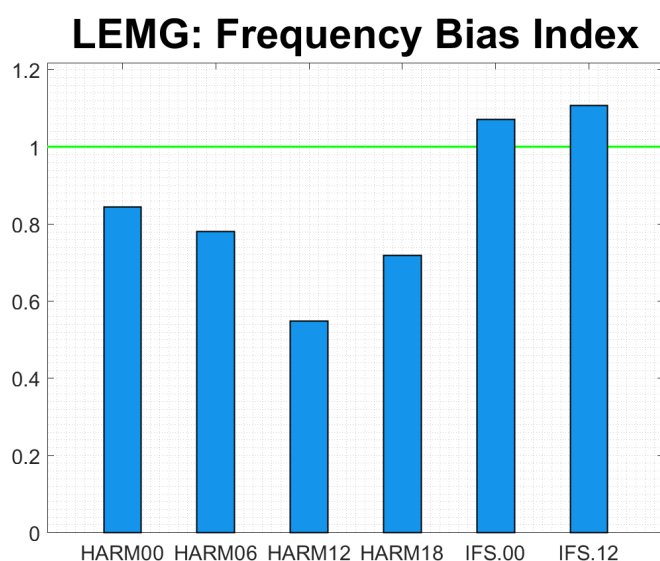


Figura 6.18 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Málaga.

En primer lugar, se muestra en la figura 6.18 el *Frequency Bias Index* para este aeropuerto. Se observa de forma muy clara que el ECMWF sobrestimó la precipitación en Málaga en estas fechas, y HARMONIE la subestimó, sobre todo la pasada de las 12 UTC.

La *Probability Of False Detection*, figura 6.19(b), es más alta en el modelo del Centro Europeo, como es de esperar al estar este modelo sobrestimado. Sin embargo, con el *False Alarm Rate* se obtienen resultados diferentes. Se obtiene el F.A.R más bajo en la salida IFS12, que es la más sobrestimada, y la de IFS00 tampoco es la más alta. Los peores valores de F.A.R se alcanzan en las salidas de HARMONIE de las 12 UTC y las 18 UTC, que, de hecho, son las más subestimadas, lo que puede deberse a que, además de estar subestimadas, no predijeron las lluvias a las horas que se dieron.

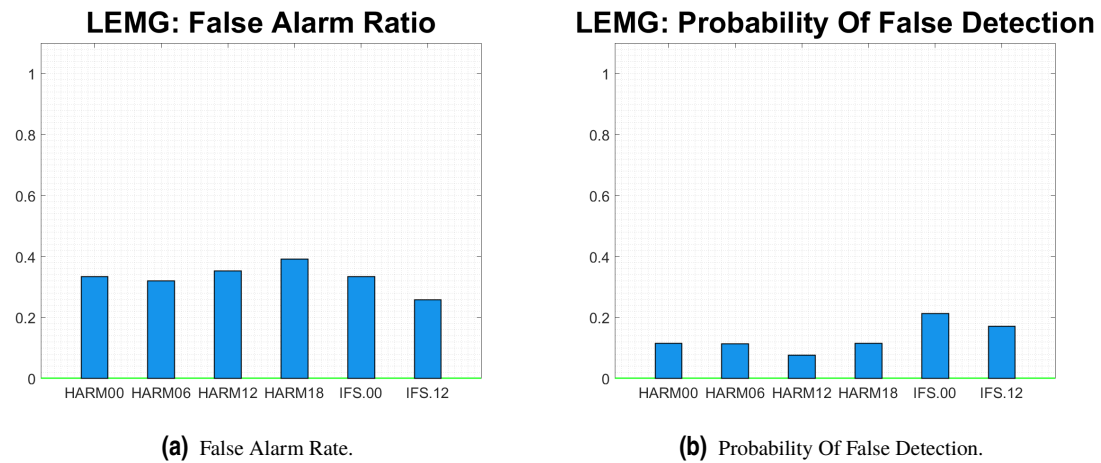


Figura 6.19 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Málaga.

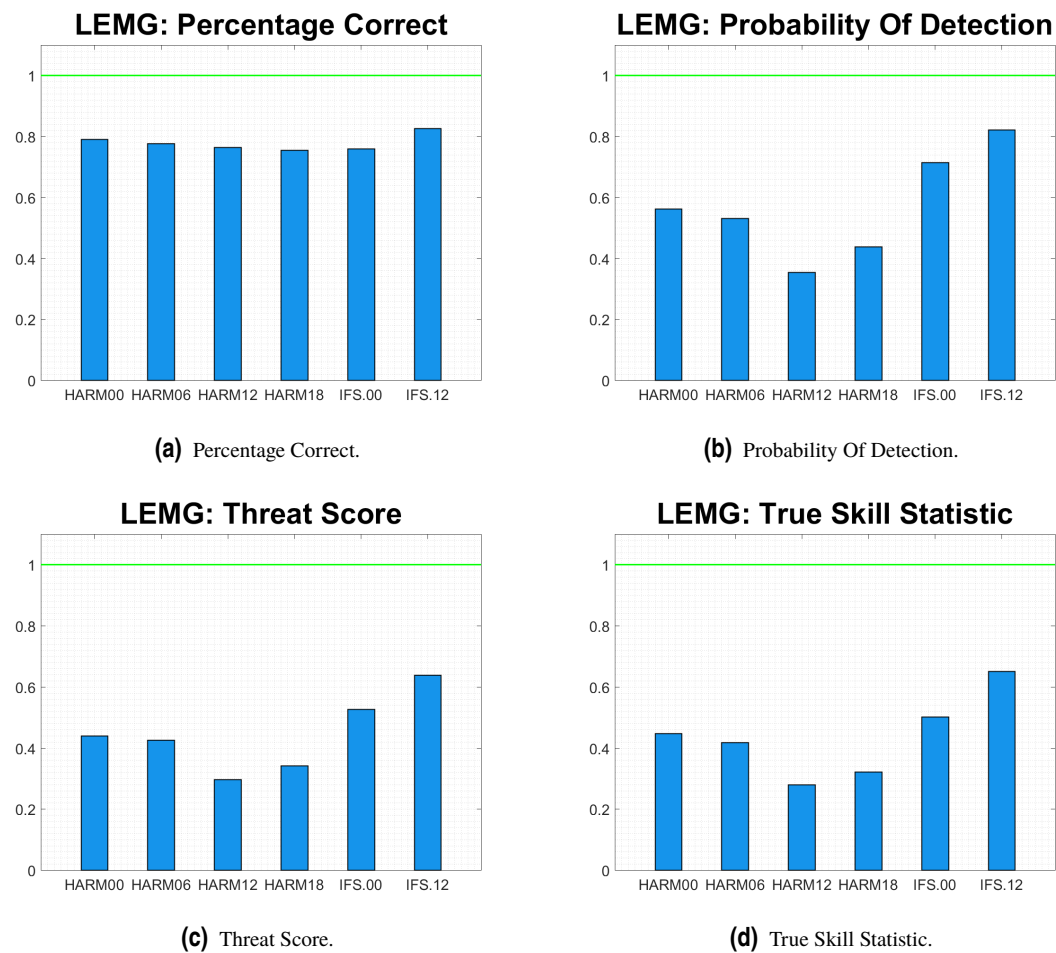


Figura 6.20 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Málaga.

A la vista de los resultados de la figura 6.20(b), correspondiente a la *Probability Of Detection*, se comprueba que la distribución tiene la misma forma que la del F.B.I. La probabilidad de detectar la precipitación es mayor cuanto mayor sea el *Frequency Bias Index*. Esto no tendría porque significar que las salidas sobrestimadas

sean mejores que las subestimadas, ya que también se ha de tener en cuenta el comportamiento frente a falsas alarmas. Sin embargo, este comportamiento era mejor en el modelo del Centro Europeo, que es el que tiene mayores F.B.I, y por tanto, el *Threat Score* es más alto en las salidas de este modelo. Además también separa mejor los episodios "sí" de los "no", como se puede comprobar en la figura 6.20(d).

El ECMWF funcionó mejor que HARMONIE en la predicción de la precipitación en Málaga en estas fechas. De las dos pasadas de ECMWF, la que mejores resultados consigue es la de IFS12, sin estar mucho más sobrestimada, aunque la de las 00 UTC también supera en resultados a las pasadas de HARMONIE.

Las salidas de HARMONIE que peor funcionaron fueron las de las 12 UTC y las 18 UTC que, además de ser las más subestimadas, tuvieron mayor *False Alarm Rate*, y menor *Probability Of Detection*.

Para comprobar estas conclusiones, se han representado en las figuras 6.21 y 6.22 los resultados obtenidos del análisis con intervalos.

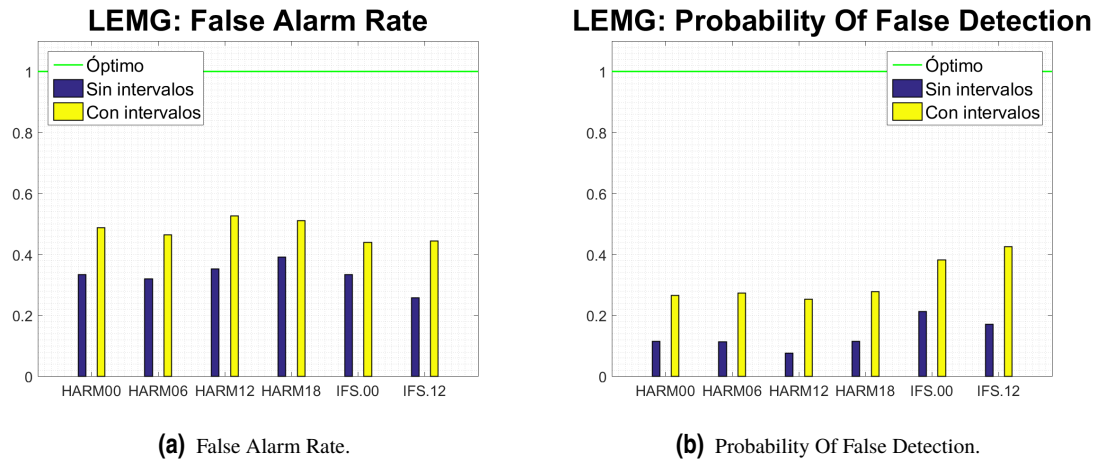


Figura 6.21 F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Málaga.

Las salidas que mejor comportamiento obtenían, IFS00 e IFS12, empeoran sus resultados frente a falsas alarmas, y son las que menos mejoran su *Probability Of Detection* (figura 6.22(a)). Como consecuencia de esto, empeoran su *Threat Score* y *True Skill Statistic*. Todos estos efectos se producen de forma más pronunciada en IFS12, que era la que iba mejor. Por tanto, se confirma que la salida de las 12 UTC del ECMWF es la que mejor funcionó en el Aeropuerto de Málaga.

En las "peores" salidas, las de las 12 UTC y las 18 UTC de HARMONIE, ocurre lo contrario. Aunque aumenta la P.O.D.F y el F.A.R, el aumento de la *Probability Of Detection* es más pronunciado, de forma que el resultado final es una mejora del *Threat Score* y el *True Skill Statistic*, lo que confirma que estas salidas son las que peor funcionaron. Además, siguen obteniendo peores resultados que el resto de salida considerado intervalos.

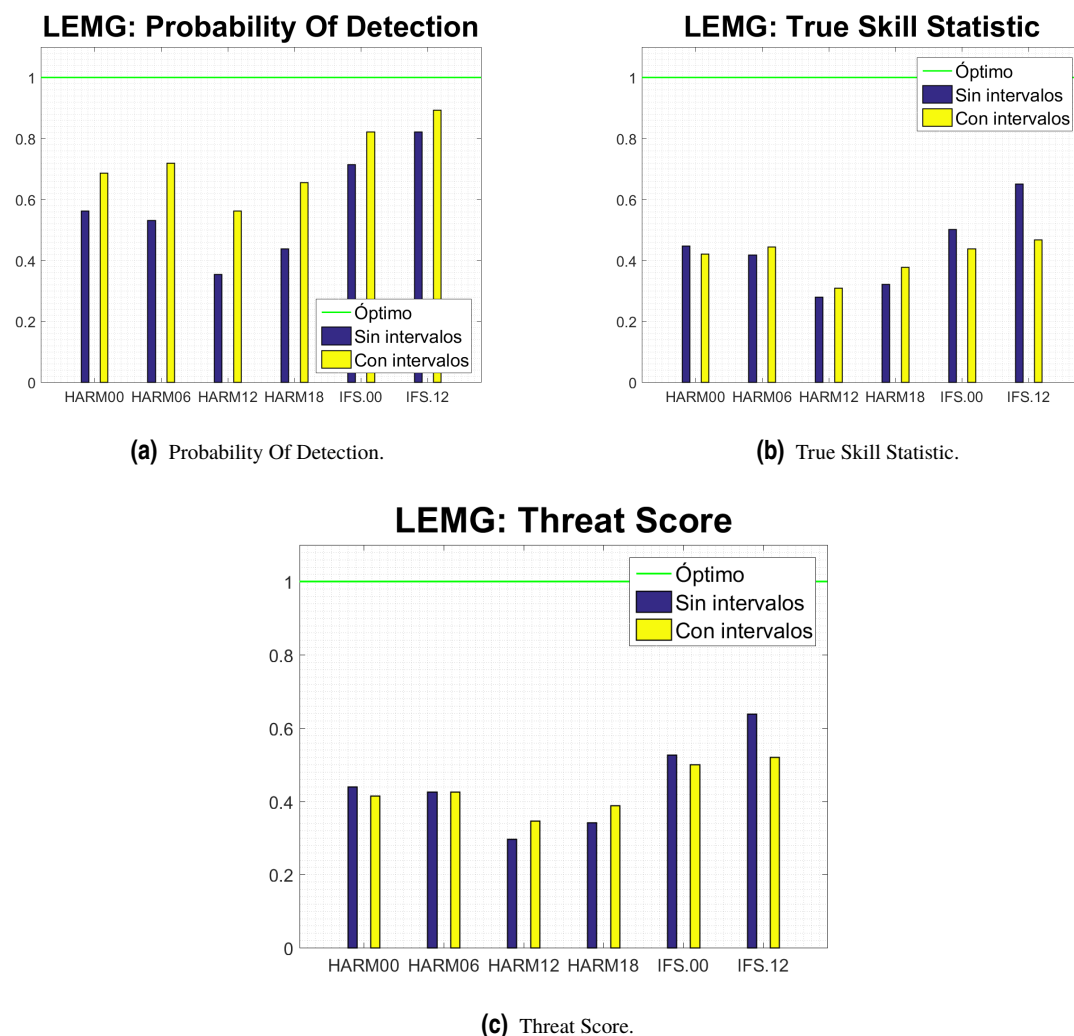


Figura 6.22 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Málaga.

Aeropuerto de Jerez de la Frontera

Los resultados para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera se recogen en la tabla 6.5.

Tabla 6.5 LEJR: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF.

| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
|---------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Aciertos | 19 | 19 | 16 | 16 | 23 | 24 |
| Falsas alarmas | 16 | 17 | 15 | 14 | 13 | 14 |
| Fallos | 16 | 15 | 19 | 19 | 5 | 4 |
| Negativos correctos | 51 | 43 | 51 | 52 | 25 | 24 |
| PC | 0,69 | 0,66 | 0,66 | 0,67 | 0,73 | 0,73 |
| POD | 0,54 | 0,56 | 0,46 | 0,46 | 0,82 | 0,86 |
| POFD | 0,24 | 0,28 | 0,23 | 0,21 | 0,34 | 0,37 |
| TSS | 0,30 | 0,28 | 0,23 | 0,25 | 0,48 | 0,49 |
| FBI | 1,00 | 1,06 | 0,89 | 0,86 | 1,29 | 1,36 |
| FAR | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,47 | 0,36 | 0,37 |
| TS | 0,37 | 0,37 | 0,32 | 0,33 | 0,56 | 0,57 |

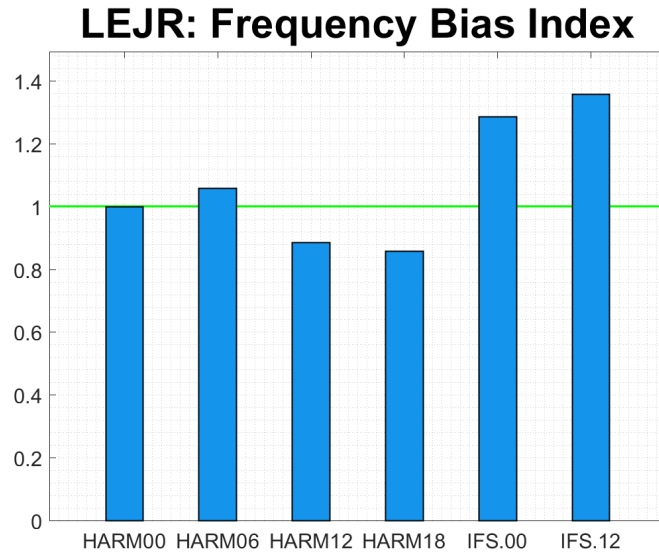


Figura 6.23 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

También en este aeropuerto el modelo ECMWF sobrestima la precipitación, y también es la salida IFS12 la que obtiene un F.B.I mayor (figura 6.23). En este caso no todas las salidas de HARMONIE se encuentran subestimadas, tan solo la de las 12 UTC y la de las 18 UTC obtienen un *Frequency Bias Index* inferior a la unidad. La salida de las 06 UTC sobrestima ligeramente, y la de las 00 UTC obtiene el valor óptimo, $F.B.I = 1$.

Las gráfica correspondiente a la *Probability Of False Detection*, figura 6.24(b), tiene una distribución similar al *Frequency Bias Index*. Sin embargo, el *False Alarm Rate*, que indica el ratio de predicciones "sí" que no ocurrieron, es mayor en HARMONIE que en el ECMWF. Aunque el Centro Europeo estaba más sobrestimado, tiene un ratio de falsa alarma menor que HARMONIE.

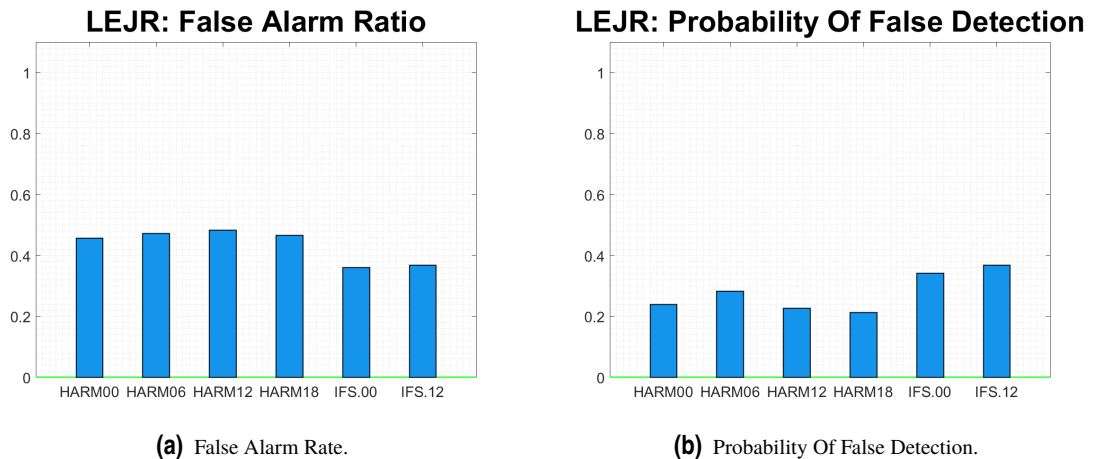


Figura 6.24 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

En la figura 6.25 se puede observar que, tanto la P.O.D como la T.S y la T.S.S son muy superiores en el modelo del Centro Europeo. En el *Threat Score*, la diferencia es de más del 20%. Además de tener menor ratio de falsa alarma, ambas salidas del ECMWF consiguen un mayor porcentaje de aciertos, y separan mejor los episodios "lluvia" de los "no lluvia".

Las dos salidas (00 UTC y 12 UTC) tienen un comportamiento muy similar, por lo que no se puede decir que una sea mejor que otra. Sí se puede afirmar que las salidas de las 12 UTC y las 18 UTC son las que

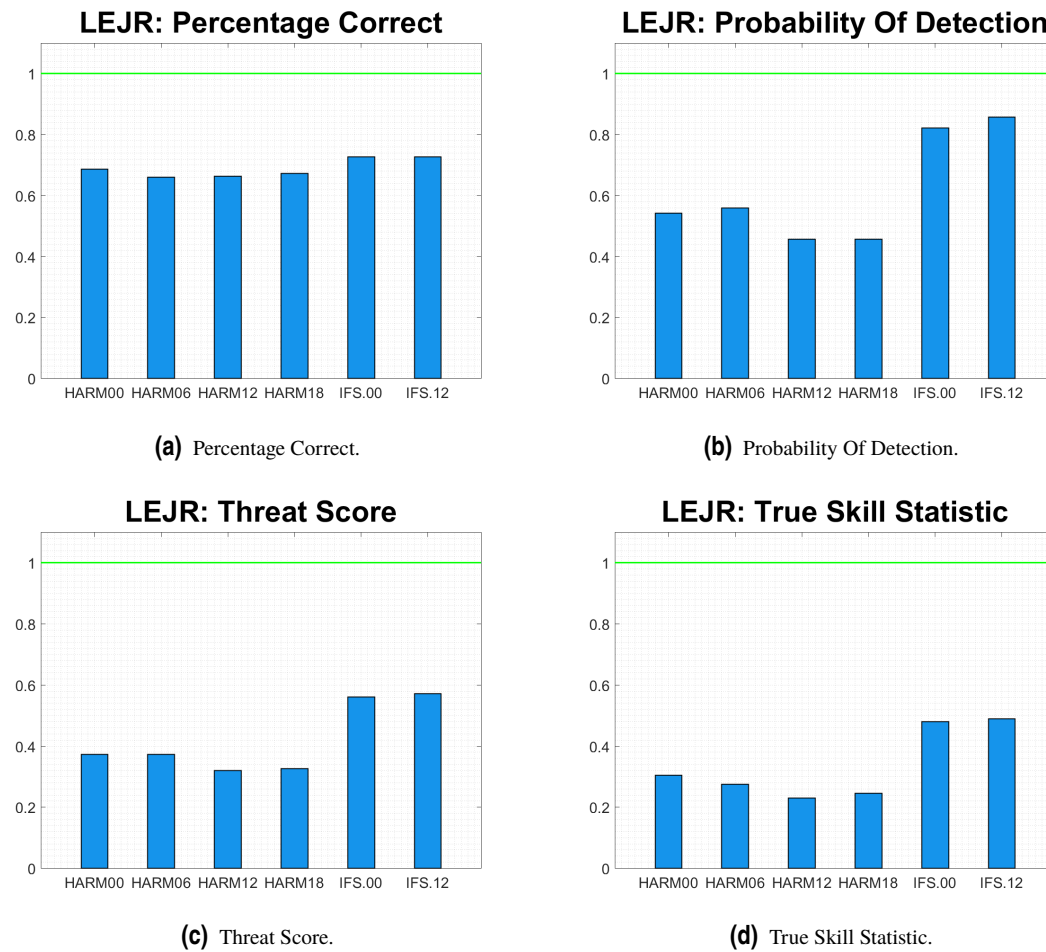


Figura 6.25 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

peor funcionamiento tuvieron, ya que además de tener valores altos de F.A.R, son las que peores resultados obtienen de P.O.D, T.S y T.S.S.

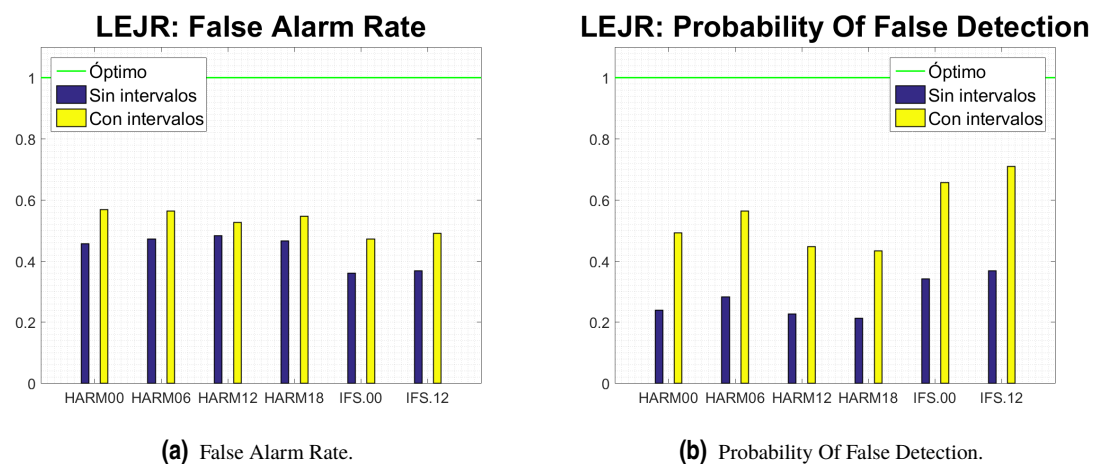


Figura 6.26 F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

En el análisis con intervalos, ambas salidas del ECMWF consiguen una $P.O.D = 1$, el valor óptimo (figura 6.26(b)). Sin embargo, esto viene acompañado de un fuerte aumento de la *Probability Of False Detection*, y también de un aumento menos brusco del *False Alarm Rate*. Debido a este aumento de la P.O.F.D y el F.A.R, los resultados finales empeoran, ya que disminuye el *Threat Score*, y también lo hace, más intensamente, el *True Skill Statistic*.

Sin embargo, si se analizan los resultados de las salidas que peor iban en el análisis sin intervalos (12 UTC y 18 UTC de HARMONIE), se observa que aumentan tanto la T.S como la T.S.S, es decir, su comportamiento mejora si se consideran intervalos. Esto se debe a que los resultados no eran buenos porque el modelo no predijo las precipitaciones a las horas que ocurrieron, sino que las atrasó o adelantó.

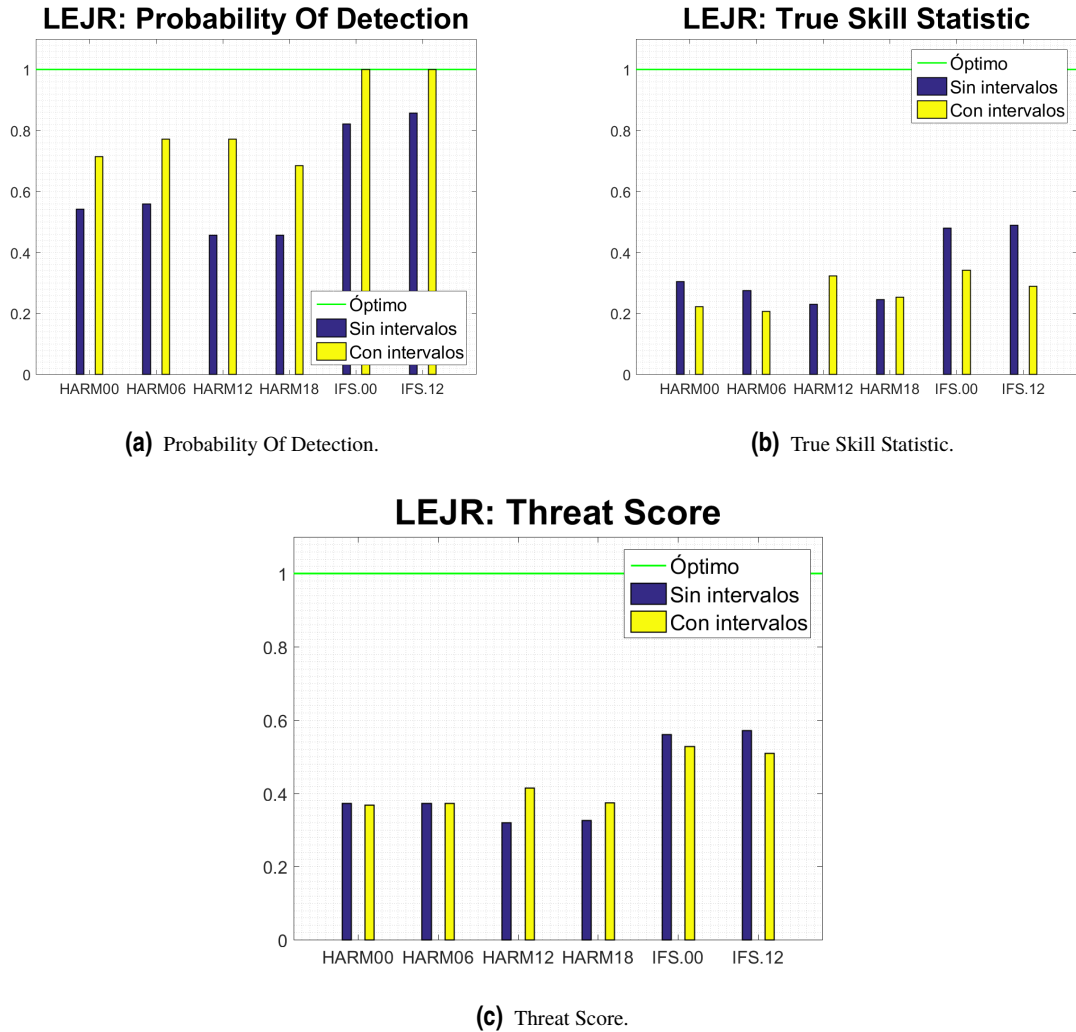


Figura 6.27 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

Conclusiones

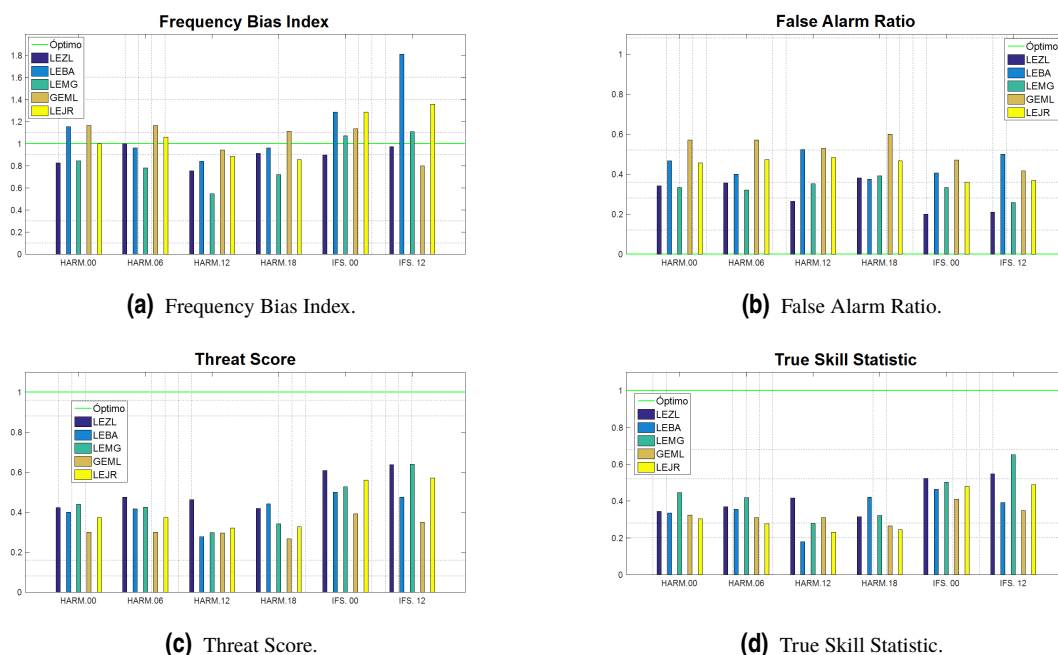
Con el análisis de cada uno de los aeropuertos realizado hasta ahora, se ha obtenido en cada caso una salida del modelo que funcionó mejor y otra que lo hizo peor. Como resumen, se muestran en la tabla 6.6 dichas salidas para cada aeropuerto.

Destaca que, en todos los aeropuertos, alguna salida del Centro Europeo funcionó mejor, y alguna de HARMONIE peor. Concretamente, siempre coincide que funciona peor la salida de las 18 UTC o las 12 UTC.

Tabla 6.6 Resumen de salidas con mejor y peor funcionamiento en cada aeropuerto.

| Aeropuerto | Mejor salida | Peor salida |
|------------|--------------|----------------------|
| LEZL | IFS12, IFS00 | HARM. 18 UTC |
| LEBA | IFS00 | HARM. 12 UTC |
| GEML | IFS00 | HARM. 18 UTC |
| LEMG | IFS12 | HARM. 12 UTC, 18 UTC |
| LEJR | IFS00, IFS12 | HARM. 12 UTC, 18 UTC |

Es interesante representar algunas tasas para los diferentes aeropuertos, para ver la comparación entre ellos. En la figura se muestran las gráficas correspondientes al *Frequency Bias Index*, *False Alarm Rate*, *Threat Score* y *True Skill Statistic*.

**Figura 6.28** Comparación entre el F.B.I, T.S y T.S.S para los distintos aeropuertos.

Por lo general, el ECMWF sobrestima más la precipitación (figura6.28(a)), pero también tiene un menor *False Alarm Rate* (figura6.28(b)).

Además, tanto el *Threat Score* como el *True Skill Statistic* son, para cada aeropuerto, más altos en el modelo del Centro Europeo. Esto no significa que el ECMWF funcione siempre mejor que HARMONIE para la precipitación, ya que solo se ha podido analizar un periodo de precipitaciones.

Por otro lado, se observa que, en general, el modelo ECMWF funciona peor en Melilla que en el resto de aeropuertos, ya que obtiene los valores más bajos de T.S y T.S.S, y altos de F.A.R. También se puede destacar que este modelo ha conseguido mejores resultados en Sevilla que en el resto de aeropuertos, con los valores más bajos de F.A.R y los más altos de T.S y T.S.S, sin estar sobrestimada la precipitación.

En HARMONIE, también es en Sevilla donde se obtienen, en general, resultados más favorables. Aunque en algunas salidas no se cumple que Sevilla haya funcionado mejor, es dónde los resultados son más uniformes en las cuatro pasadas. En este modelo no hay un aeropuerto donde esté claro que se haya fallado más en la predicción, pero si que se cumple que, salvo en LEBA y LEZL, las salidas de las 12 UTC y 18 UTC fueron las que peor funcionaron.

6.1.2 Análisis por intervalos horarios

El objetivo de este análisis es, utilizando los mismos indicadores que en el análisis anterior, determinar en qué intervalos el funcionamiento fue mejor o peor, e intentar encontrar alguna tendencia.

Por tanto, se han dividido las 24h del día en intervalos de seis horas:

- Intervalo 1: 01 UTC - 06 UTC
- Intervalo 2: 07 UTC - 12 UTC
- Intervalo 3: 13 UTC - 18 UTC
- Intervalo 4: 19 UTC - 00 UTC

Una de las cosas que se intentarán comprobar, entre otras, es si el modelo ECMWF corta las precipitaciones por la tarde antes de lo que debiera, ya que en el GPV se tiene esta sensación. De igual forma que se hizo en el análisis general, se analizará primero cada aeropuerto por separado, y luego se compararán entre sí los resultados de cada uno de ellos.

En este análisis, no se mostrarán las tablas de datos de cada aeropuerto, pero pueden consultarse en el anexo A.

Aeropuerto de Sevilla

En primer lugar, en la figura 6.29 se ha representado el *Frequency Bias Index* para cada intervalo de cada salida de los modelos. En el Aeropuerto de Sevilla, en el análisis general, ningún modelo sobrestimaba la precipitación. Sin embargo, en esta gráfica se comprueba que en algunos intervalos el modelo sobrestima bastante.

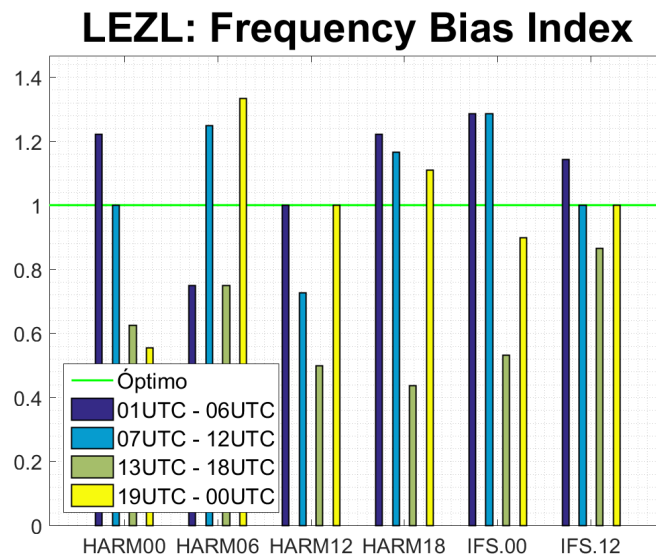


Figura 6.29 Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Sevilla.

En el modelo ECMWF destaca que en ambas salidas, el tercer intervalo tiene un *Frequency Bias Index* inferior a 1, es decir, está subestimado, el resto de intervalos están, por lo general, sobrestimados o con $F.B.I = 1$. En este Aeropuerto no se puede confirmar la idea de que el modelo del Centro Europeo corta pronto las precipitaciones, ya que no se aprecia de forma clara, aunque, en comparación con el intervalo 1 y 2, el 4 obtiene un F.B.I más bajo. El tercer intervalo es el más subestimado.

En las salidas de HARMONIE se observan varias tendencias. El intervalo 4 tiende a sobrestimarse, menos en la pasada de las 12 UTC, donde $F.B.I = 1$. El tercer intervalo es el más subestimado, al igual que ocurría en el ECMWF.

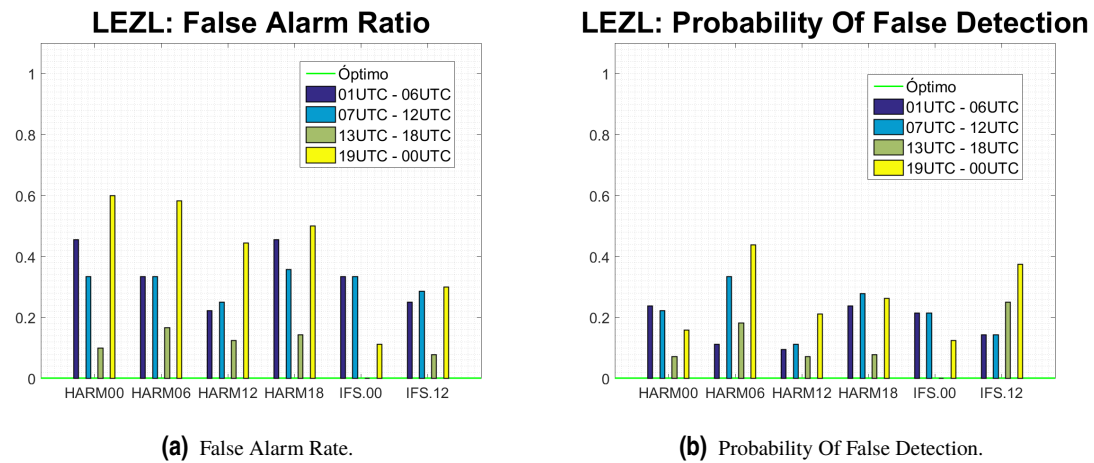


Figura 6.30 F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Sevilla.

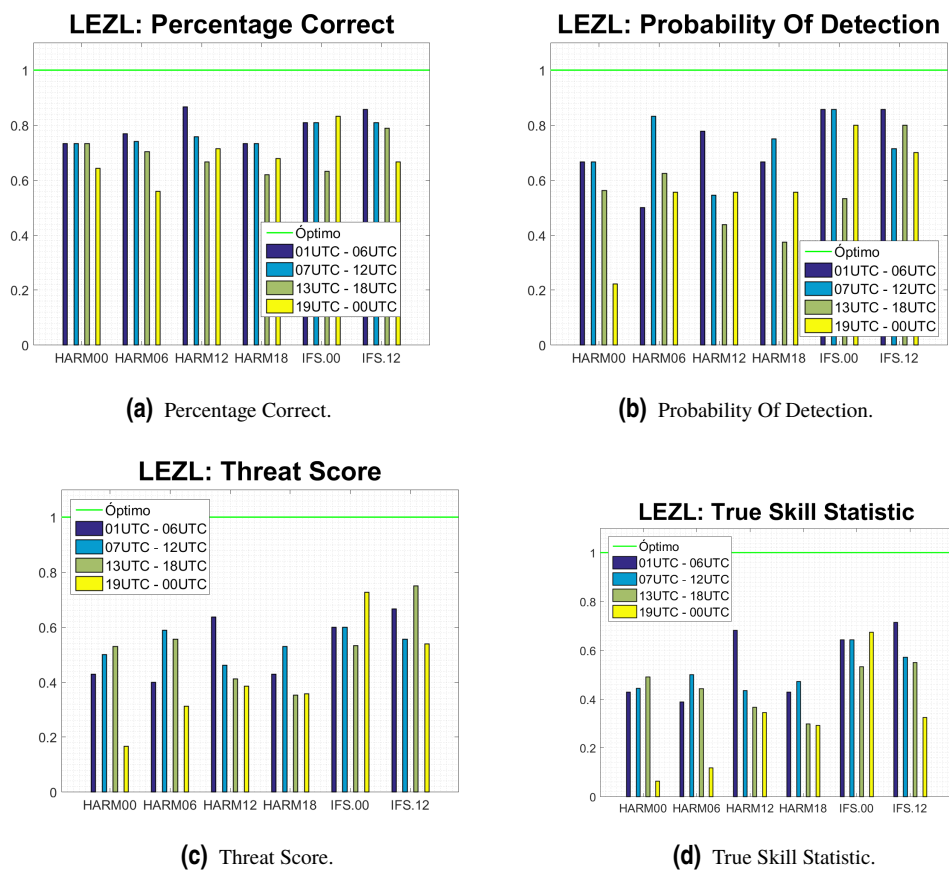


Figura 6.31 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Sevilla.

La *Probability Of False Detection*, figura 6.33(b), tiene una distribución similar al *Frequency Bias Index*, es decir, es, por lo general, mayor si la salida del modelo está sobrestimada, y menor si está subestimada. Sin embargo, hay algunas excepciones muy marcadas. La primera ocurre en la salida IFS12, donde ocurre lo contrario a lo que se podía esperar, las horas más sobrestimadas son las que obtienen menor P.O.D.F, y las más subestimadas obtienen valores mayores. También hay que destacar que en la salida IFS00 no hubo ninguna falsa alarma en el intervalo 3.

El *False Alarm Rate*, figura 6.30(a), es más bajo en el tercer intervalo, tanto en HARMONIE como en ECMWF. Era el intervalo más subestimado en ambos modelos. Además destaca que en el segundo intervalo, el que la salida de las 00 UTC de HARMONIE predice con mayor antelación, se alcanza el peor F.A.R.

En general, para un mismo intervalo, el ECMWF siempre consigue, en alguna de sus salidas, un *Threat Score* y un *True Skill Score* superiores a los conseguidos por HARMONIE en alguna de sus pasadas. Esto refleja lo que ya se observó en el análisis general, el ECMWF consiguió mejores resultados en este periodo de lluvias.

Analizando las gráficas de las figuras 6.30 y 6.31, se ha elaborado la tabla 6.7, donde se ha evaluado, en función de todos los indicadores, qué salida podría considerarse mejor y peor para cada intervalo.

Tabla 6.7 Resumen de resultados para el Aeropuerto de Sevilla.

| | HARMONIE | | ECMWF | | General | |
|--------------------|----------|------|--------------|-------|--------------|------|
| | Mejor | Peor | Mejor | Peor | Mejor | Peor |
| 1. 01 UTC - 06 UTC | H00 | H06 | IFS00 | IFS12 | IFS00 | H06 |
| 2. 07 UTC - 12 UTC | H06 | H00 | IFS00, IFS12 | - | IFS00, IFS12 | H00 |
| 3. 13 UTC - 18 UTC | H06 | H18 | IFS12 | IFS00 | IFS12 | H18 |
| 4. 19 UTC - 00 UTC | H00 | H12 | IFS00 | IFS12 | IFS 00 | H12, |

Sería lógico pensar que, para cada intervalo, irá mejor la salida que haga la predicción con menor antelación, y peor la que la haga con más. Sin embargo, esto no se cumple como regla general. En HARMONIE, en los dos primeros niveles se cumple que la que mejor funciona es la que hace la predicción con menor antelación, y también ocurre en los niveles 1 y 3 en ECMWF. El efecto contrario, que sea la peor la que hace la predicción con mayor antelación, se confirma en los niveles 1 y 3 en HARMONIE.

En conjunto, tal como se vio en el análisis general, el centro europeo funciona mejor para este periodo de lluvias que el HARMONIE, incluso en el intervalo 4, donde se tenía la sensación de que ECMWF cortaba pronto las precipitaciones.

Aeropuerto de Córdoba

En este Aeropuerto, lo primero que destaca de la gráfica correspondiente al *Frequency Bias Index* (figura 6.32) los valores tan altos que se obtienen en HARMONIE para el intervalo 4, que se encuentran entre $F.B.I=3$ y $F.B.I=4$. También se obtienen valores muy altos en el ECMWF, en este mismo intervalo, así como en el primero. En los intervalos 1 y 2 en HARMONIE ocurre justo lo contrario, están muy subestimados. El tercer intervalo es el que consigue valores más cercanos a 1 para ambos modelos.

Como era de esperar, al estar el intervalo 4 tan sobrestimado, el *False Alarm Rate* (figura 6.33(a)) obtenido es también muy alto siendo incluso del 100% en la salida de HARMONIE de las 00 UTC. Lo que mas destaca de esta gráfica, y de la correspondiente a la *Probability Of False Detection* (figura 6.33(b)) es que, en la salida de HARMONIE de las 12 UTC, siendo el F.B.I del intervalo 4 de más del doble que del intervalo 3, el comportamiento frente a falsas alarmas es peor en éste último nivel.

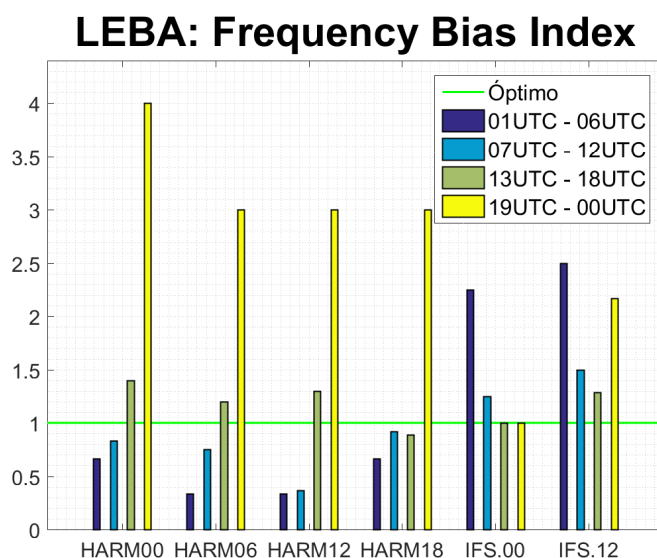


Figura 6.32 Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Córdoba.

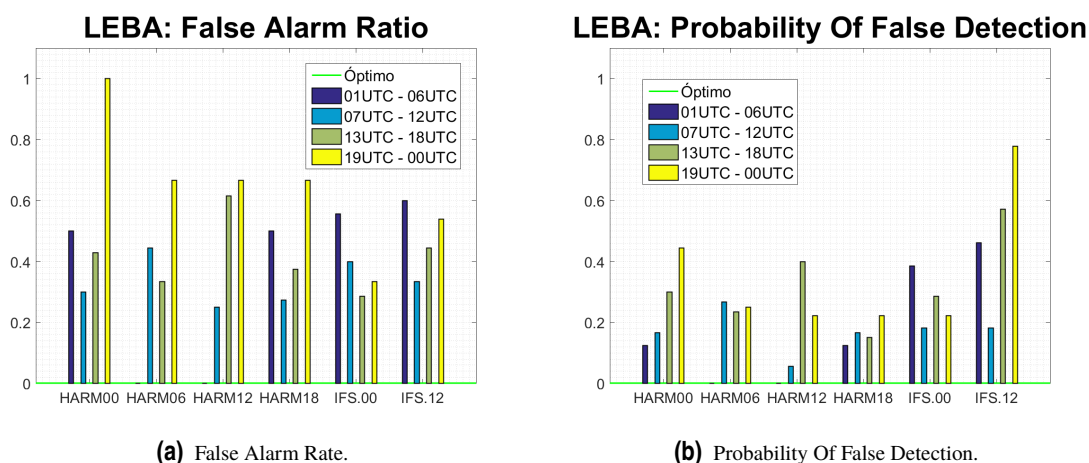


Figura 6.33 F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Córdoba.

Debido a la gran sobrestimación que se produjo en Córdoba, en algunas pasadas del modelo se obtienen valores de $P.O.D = 1$. En la salida de las 00 UTC de HARMONIE, se obtenía un $F.B.I = 4$ para el intervalo 4, y sin embargo el *Threat Score* es cero, no se produjo ningún acierto. Por este motivo, se obtiene un

T.S.S negativo (no hay ningún acierto, solo falsas alarmas). En el intervalo 1, que estaba subestimado en HARMONIE, no se tuvieron falsas alarmas en las salidas de las 06 UTC y las 12 UTC

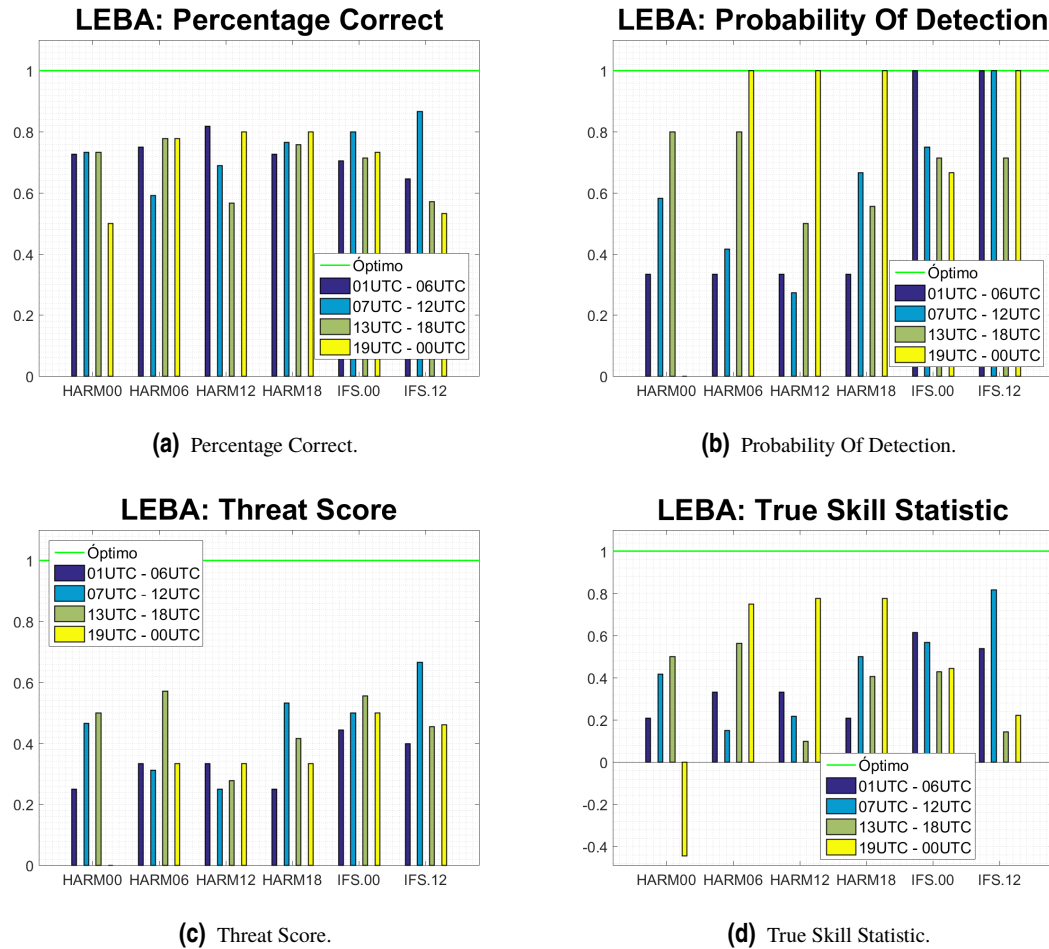


Figura 6.34 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Córdoba.

En la tabla 6.8 se muestra que salida de cada modelo funcionó para un intervalo determinado.

Tabla 6.8 Resumen de resultados para el Aeropuerto de Córdoba.

| | HARMONIE | | ECMWF | | General | |
|--------------------|---------------|----------|-------|-------|---------|----------|
| | Mejor | Peor | Mejor | Peor | Mejor | Peor |
| 1. 01 UTC - 06 UTC | H06, H12 | H00, H18 | IFS00 | IFS12 | IFS00 | H00, H18 |
| 2. 07 UTC - 12 UTC | H00, H06 | H12 | IFS12 | IFS00 | IFS12 | H12 |
| 3. 13 UTC - 18 UTC | H06 | H12 | IFS12 | IFS00 | H06 | H12 |
| 4. 19 UTC - 00 UTC | H06, H12, H18 | H00 | IFS00 | IFS12 | IFS00 | H00 |

En HARMONIE, el único caso en que hay una pasada que tenga un comportamiento claramente superior es en el tercer intervalo, y no coincide con ser la que hace la predicción con menor antelación. Sí se cumple que, en los intervalos segundo y cuarto, la que tiene peores resultados es la que hace la predicción con mayor antelación. En el ECMWF, sí se vuelve a cumplir que en los intervalos 1 y 3 funciona mejor la salida inmediatamente anterior, es decir, la de las 00 UTC y 12 UTC, respectivamente.

En el Aeropuerto de Córdoba, si hubo un intervalo en el que HARMONIE hizo una predicción más acertada que el ECMWF, y sucedió en el intervalo de 13 UTC a 18 UTC.

Aeropuerto de Melilla

Para el Aeropuerto de Melilla, se ha representado el *Frequency Bias Index* en la figura 6.35. Los resultados para el intervalo cuatro están, por lo general, más subestimados que el resto, y los del primer intervalo están sobrestimados.

En el ECMWF, el cuarto intervalo, en ambas pasadas, está más subestimado que el resto, lo que podría asociarse a la tendencia de este modelo a cortar las precipitaciones demasiado pronto.

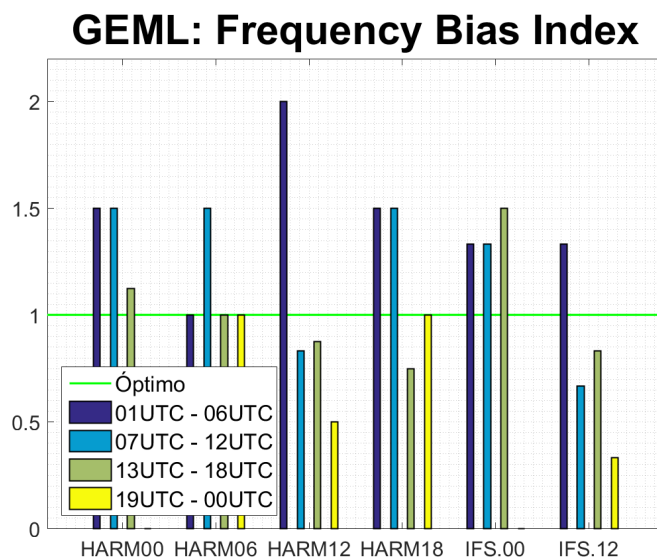


Figura 6.35 Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Melilla.

De la figura 6.36, destaca que en ninguna de las pasadas se han obtenido falsas alarmas. Además, en las pasadas de las 06 UTC y 18 UTC se alcanzaba un $F.B.I = 1$, por lo que, en estas salidas, no ha podido haber ningún fallo.

Los peores comportamientos en cuanto a falsas alarmas se dan en los intervalos 2 y 3 en HARMONIE, y en el primer intervalo en ECMWF.

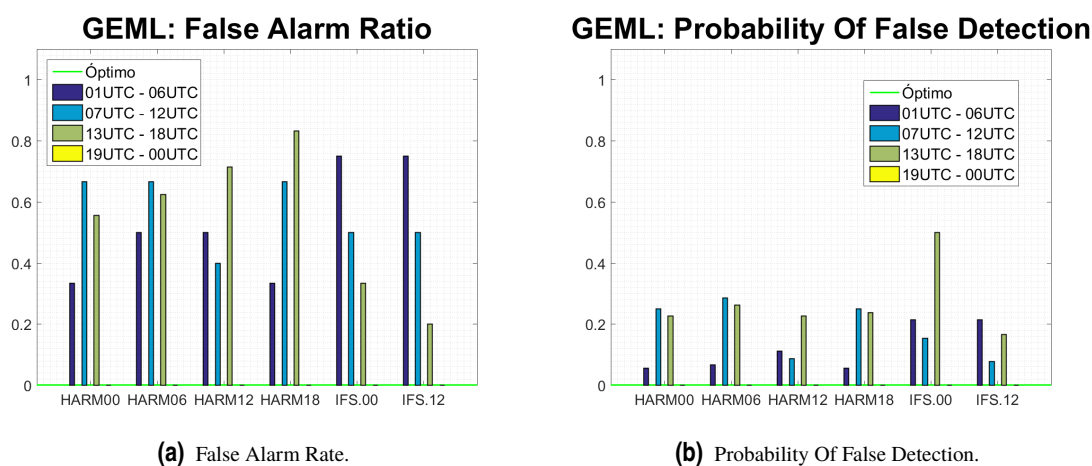


Figura 6.36 F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Melilla.

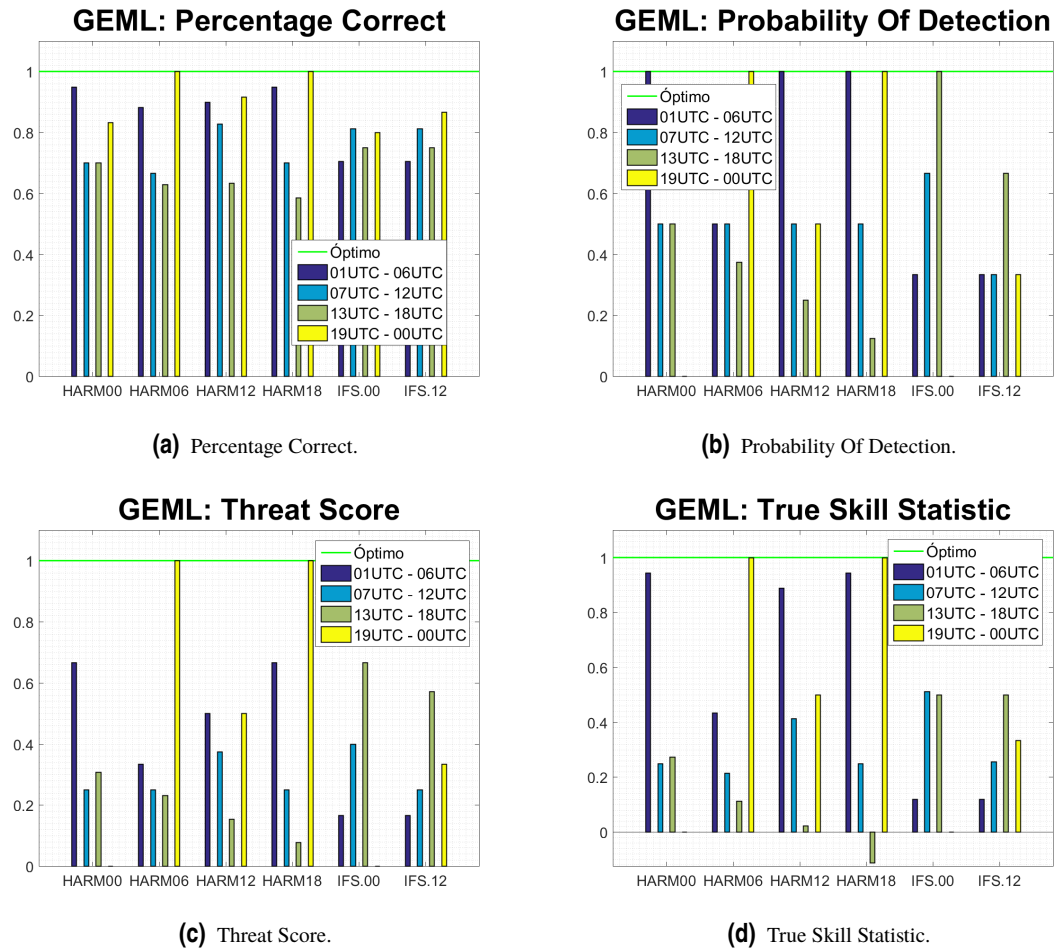


Figura 6.37 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Melilla.

En las figuras 6.37(c) y (d), se comprueba que, efectivamente, no hubo ningún fallo en el intervalo 4 en las salidas de HARMONIE de las 06 UTC y las 18 UTC, ya que se alcanza $T.S = 1$ y $T.S.S = 1$. También destacan los buenos resultados que se obtienen en HARMONIE para el primer intervalo.

En la tabla 6.9 se muestran las salidas que funcionaron mejor y peor para cada intervalo horario en este aeropuerto.

Tabla 6.9 Resumen de resultados para el Aeropuerto de Melilla.

| | HARMONIE | | ECMWF | | General | |
|--------------------|----------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | Mejor | Peor | Mejor | Peor | Mejor | Peor |
| 1. 01 UTC - 06 UTC | H00, H18 | H06 | - | IFS00, IFS12 | H00, H18 | IFS00, IFS12 |
| 2. 07 UTC - 12 UTC | H12 | H00, H06, H18 | IFS00 | IFS12 | IFS00 | H00, H06, H18 |
| 3. 13 UTC - 18 UTC | H00 | H18 | IFS00, IFS12 | - | IFS00, IFS12 | H18 |
| 4. 19 UTC - 00 UTC | H06, H18 | H00 | IFS12 | IFS00 | H06, H18 | H00, IFS00 |

En este aeropuerto, en HARMONIE, se cumple que la salida que peor funciona es la que realiza la predicción con mayor antelación, salvo en el intervalo dos, que ocurre justo al contrario. En el ECMWF no se ve esta relación en ninguna de sus pasadas.

Hay que destacar que en el Aeropuerto de Melilla, no siempre funciona mejor ECMWF que HARMONIE, sino que depende del intervalo. En el último intervalo, en el que se esperaría, según las impresiones que se tienen en el GPV, que el ECMWF funcionara peor (corta antes las precipitaciones), HARMONIE ha sido el modelo que mejor ha funcionado.

Aeropuerto de Málaga

En primer lugar, se muestra en la figura 6.35 el *Frequency Bias Index*. En HARMONIE, por lo general, se subestima la precipitación, salvo en el primer intervalo. En ECMWF ocurre al contrario, se sobrestima la precipitación, salvo en el tercer intervalo.

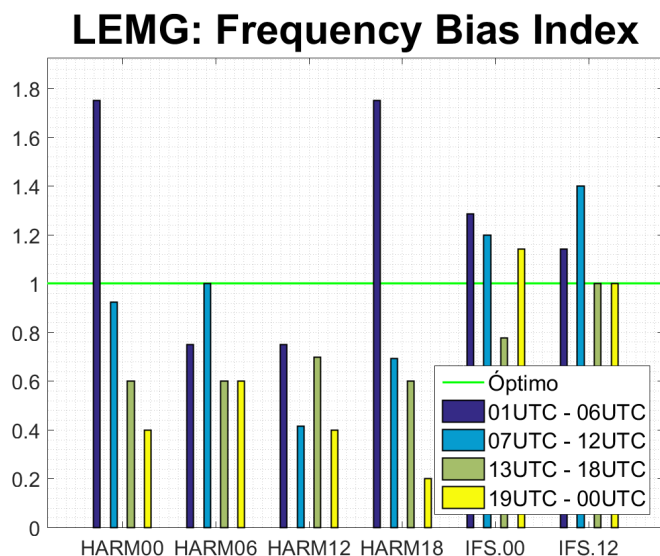


Figura 6.38 Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Málaga.

El comportamiento en cuanto a falsas alarmas varía mucho, en HARMONIE, entre un intervalo y otro. En el primer intervalo, el F.A.R (figura 6.39(a)) se encuentra entre 0.6 y 0.9, valores muy altos, mientras que en el segundo intervalo no llega a 0.3. En ECMWF las diferencias no son tan bruscas.

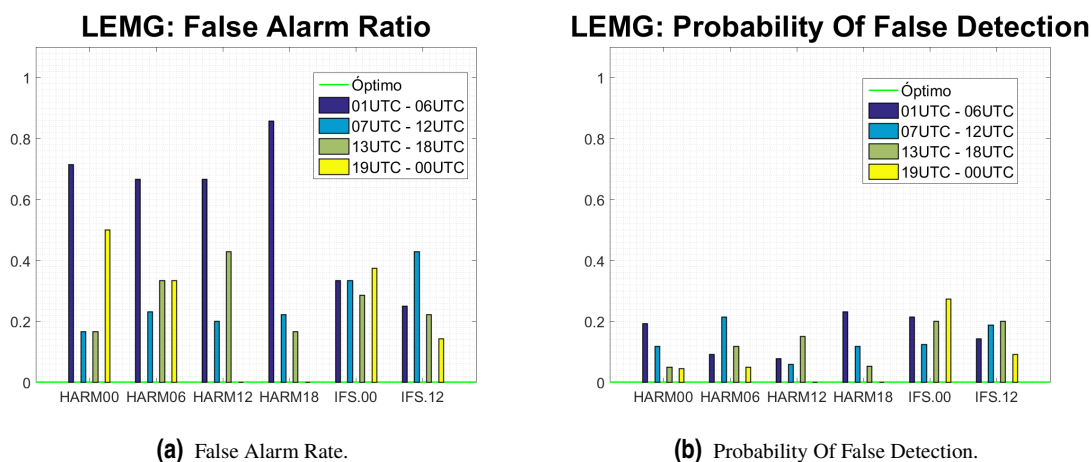


Figura 6.39 F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Málaga.

De la figura 6.37 hay que destacar que, siendo el intervalo 1 el más sobrestimado en HARMONIE, es el que obtiene peores resultados, debido, en parte, al gran número de falsas alarmas, aunque también hubo muchos fallos.

En este Aeropuerto, el ECMWF consigue buenos resultados para el último intervalo, por lo que parece que no se cumple que corte pronto las precipitaciones.

En la tabla 6.10 se muestra que pasada o pasadas funcionaron mejor para cada intervalo horario.

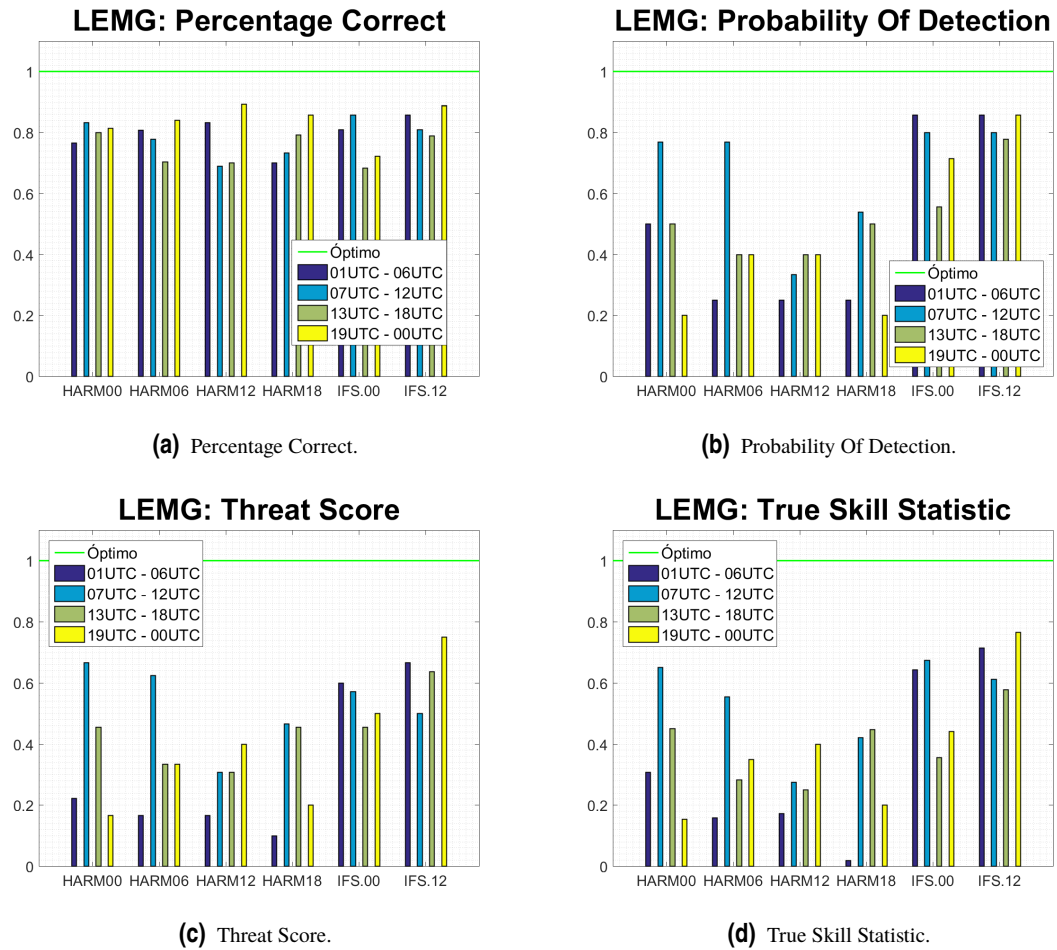


Figura 6.40 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Málaga.

Tabla 6.10 Resumen de resultados para el Aeropuerto de Málaga.

| | HARMONIE | | ECMWF | | General | |
|--------------------|----------|----------|-------|-------|------------|----------|
| | Mejor | Peor | Mejor | Peor | Mejor | Peor |
| 1. 01 UTC - 06 UTC | H00 | H18 | IFS12 | IFS00 | IFS12 | H18 |
| 2. 07 UTC - 12 UTC | H00 | H12 | IFS00 | IFS12 | H00, IFS00 | H12 |
| 3. 13 UTC - 18 UTC | H00, H18 | H06, H12 | IFS12 | IFS00 | IFS12 | H06, H12 |
| 4. 19 UTC - 00 UTC | H12 | H00 | IFS12 | IFS00 | IFS12 | H00 |

En el Aeropuerto de Málaga, la pasada de HARMONIE de las 00 UTC ha sido la mejor en la mayoría de intervalos, salvo en el cuarto, que coincide que es el que predice con mayor antelación esta pasada. Ocurre lo mismo con el ECMWF, solo que en este caso es la pasada de las 12 UTC la que consigue mejores resultados en todos los intervalos menos en el que predice con mayor antelación (intervalo 2).

En general, las pasadas del ECMWF, particularmente la de las 12 UTC, han tenido mejores resultados que las de HARMONIE.

Aeropuerto de Jerez de la Frontera

En este aeropuerto, se observan varias tendencias de los modelos a sobrestimar o subestimar las predicciones (figura 6.41). HARMONIE, sobrestima siempre en el primer intervalo, mientras que subestima en el tercero y cuarto. ECMWF subestima en el primero, y sobrestima en el segundo y cuarto. Además, se alcanzan valores

muy altos del F.B.I, llegando hasta $F.B.I = 2.5$ en el segundo intervalo de IFS12.

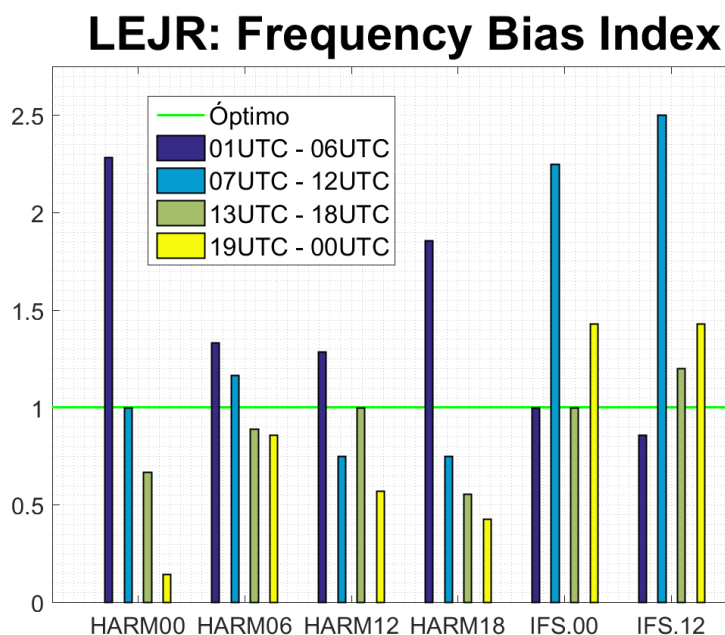


Figura 6.41 Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

No se cumple que, sistemáticamente, cuando el modelo sobrestima más se obtenga un peor comportamiento frente a falsas alarmas. De hecho, por ejemplo en HARMONIE, en las pasadas de las 12 UTC y las 18 UTC, se obtiene mayor F.A.R en el intervalo cuatro (el más subestimado), que en el primero (el más sobrestimado).

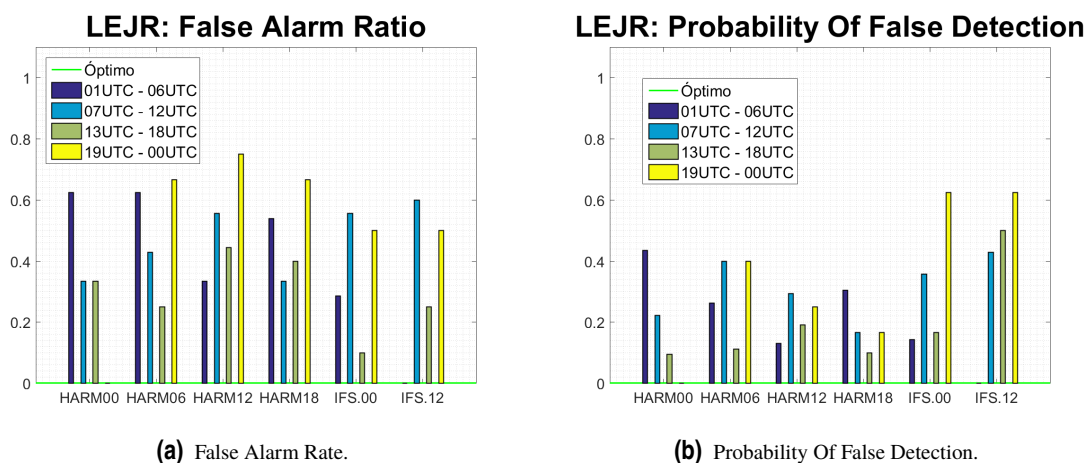


Figura 6.42 F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

En general, el *Threat Score* (figura 6.43(c)) no supera el 0.6, salvo en algunos intervalos en ECMWF. Además, destacan los valores tan bajos que se obtienen en el intervalo 4 en HARMONIE, alcanzándose incluso T.S.S negativos.

También en el ECMWF, donde el intervalo 4 estaba sobrestimado, se obtienen unos valores muy bajos del *True Skill Statistic* (figura 6.43(d)), debido a la gran cantidad de falsas alarmas.

Al igual que en el resto de aeropuertos, se ha resumido, en la tabla 6.11, qué salida funcionó mejor en cada intervalo horario.

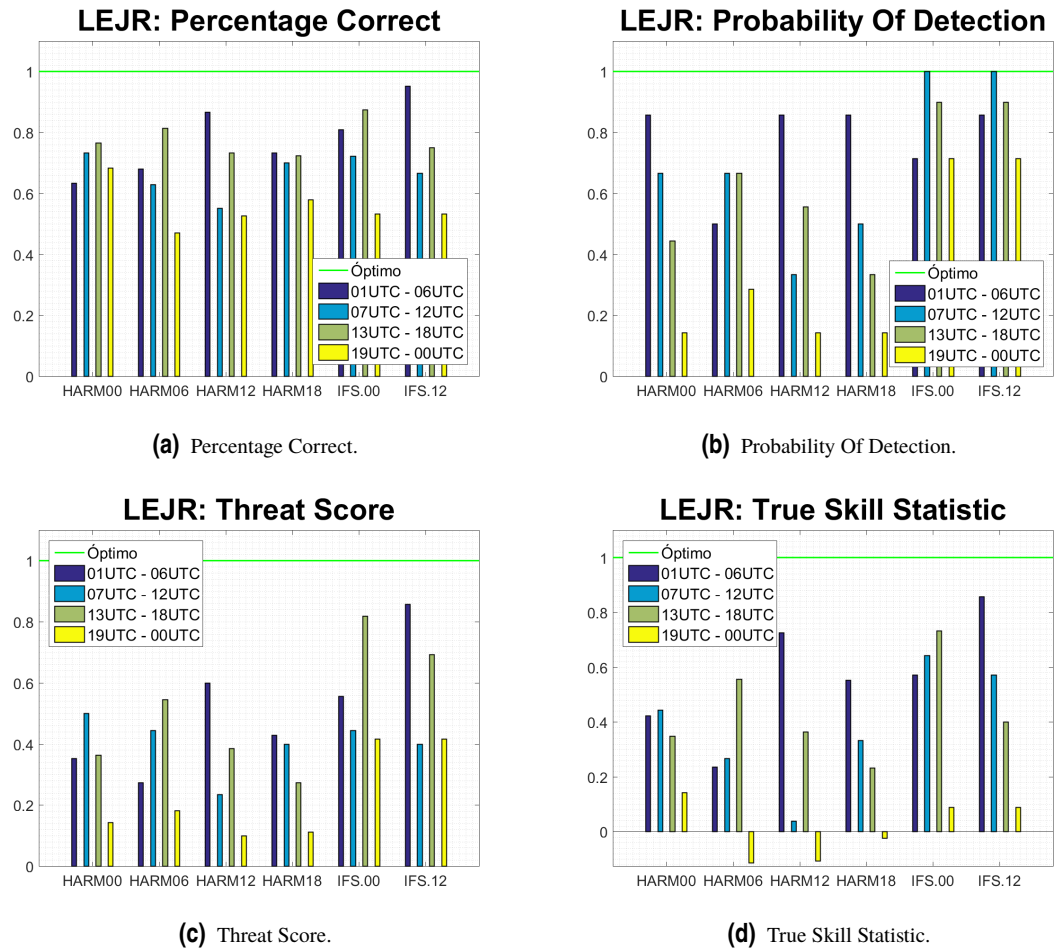


Figura 6.43 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

Tabla 6.11 Resumen de resultados para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

| | HARMONIE | | ECMWF | | General | |
|--------------------|----------|--------------------|--------------|-------|--------------|--------------------|
| | Mejor | Peor | Mejor | Peor | Mejor | Peor |
| 1. 01 UTC - 06 UTC | H12 | H06 | IFS12 | IFS00 | IFS12 | H06 |
| 2. 07 UTC - 12 UTC | H00 | H12 | IFS00 | IFS12 | H00 | H12 |
| 3. 13 UTC - 18 UTC | H06 | H18 | IFS00 | IFS12 | IFS00 | H18 |
| 4. 19 UTC - 00 UTC | - | H00, H06, H12, H18 | IFS00, IFS12 | - | IFS00, IFS12 | H00, H06, H12, H18 |

En el intervalo cuatro, no se puede distinguir una pasada de HARMONIE como mejor, ya que, aunque las de las 00 UTC es la única que tiene un T.S.S mayor que cero, el F.B.I es muy bajo, inferior a 0.15, por lo que no se puede considerar como mejor. En el ECMWF ambas pasadas funcionaban de forma similar en este intervalo. Aunque se han considerado como "mejor", ambas tienen un comportamiento malo en lo que respecta a falsas alarmas.

En el resto de intervalos, en HARMONIE, se cumple que la pasada que peor funciona es la que realiza la predicción con mayor antelación. Además, en todos los intervalos, la pasada que peor funciona es de HARMONIE, mientras que la mejor, salvo en el segundo intervalo, es del ECMWF.

Conclusiones

Para intentar encontrar una relación entre el intervalo temporal y qué pasada funciona mejor, se va a seguir el criterio de que, si en tres de los cinco aeropuertos una pasada funciona mejor en un intervalo concreto, se considera que esa pasada es la que mejor funciona en ese intervalo. El mismo criterio se usará para las

salidas que peor funcionan.

Tabla 6.12 Resumen de resultados, comparando los cinco aeropuertos.

| | HARMONIE | | ECMWF | | General | |
|--------------------|----------|------|-------|-------|---------|------|
| | Mejor | Peor | Mejor | Peor | Mejor | Peor |
| 1. 01 UTC - 06 UTC | H00 | H06 | - | - | - | - |
| 2. 07 UTC - 12 UTC | - | - | IFS00 | IFS12 | - | - |
| 3. 13 UTC - 18 UTC | H06 | H18 | - | - | - | H18 |
| 4. 19 UTC - 00 UTC | - | H00 | - | - | - | H00 |

En muy pocos casos se puede establecer una salida como mejor o peor para un intervalo concreto. Sin embargo, en todos los casos en los que se puede establecer una salida "peor", coincide que es la que realiza la predicción con mayor antelación, lo que resulta lógico. También ocurre así en el único intervalo del ECMWF en el que se ha podido definir una salida como "peor".

6.2 Visibilidad

En esta sección se van a verificar los modelos en sus salidas de visibilidad. HARMONIE tiene una salida en la que proporciona en valor estimado de la visibilidad horizontal. El modelo ECMWF, sin embargo, no tiene esta salida, pero se va a buscar una relación entre la visibilidad medida en los METAR y la salida de nubosidad de Centro Europeo. Se tendrán en cuenta dos casos, el primero considerando tan solo los casos en los que ECMWF da nubes bajas, y el segundo considerando también los casos en que hay mezcla de nubes bajas con otro tipo de nubes.

La sensación que se tiene en el GPV es que HARMONIE exagera mucho las reducciones de visibilidad en el Mar de Alborán, por lo que se comprobará si se produce este efecto.

Para la verificación de la visibilidad, se han incluido todos los datos recogidos durante este periodo de prácticas, de forma que el análisis comprende desde el 26 de Abril de 2016 hasta el 31 de Mayo de 2016.

6.2.1 Análisis de reducción de visibilidad

En primer lugar, se ha realizado un análisis más general, en el que solo se tendrá en cuenta si hay reducción de visibilidad por debajo de 10km, sin importar el valor que se alcance. No se tendrá en cuenta, por tanto, si se da situación de bruma o niebla.

De igual modo que se hizo para analizar la precipitación, se comentarán primero los resultados que se obtienen teniendo en cuenta tan solo la hora exacta de la salida del modelo, y posteriormente se verá como varían estos resultados considerando un intervalo de tiempo mayor.

Todas las tablas de datos se incluyen en el anexo A.

Aeropuerto de Sevilla

En primer lugar, en la gráfica del *Frequency Bias Index*, figura 6.44, se han obtenido valores muy dispares. En HARMONIE y en ECMWF con nubes bajas, se obtienen F.B.I menores a 0.5, mientras que en ECMWF con nubes mezcla, el F.B.I está próximo a 2.5. Este valor tan alto se debe a que hay muchas ocasiones en que hay nubes bajas junto con otro tipo de nubes, y no tiene por qué haber reducción de visibilidad. Por este motivo, la *Probability Of False Detection*, figura 6.45(b) es muy superior en estas salidas. Sin embargo, si se observan los datos del *Fase Alarm Rate*, figura 6.45(a), se comprueba que se han obtenido valores más bajos, en ECMWF, en las salidas que consideran mezcla de nubes. Hay mayor porcentaje de casos en los que las nubes bajas no produjeron reducción de visibilidad que de mezcla de nubes. Por otro lado, destaca que, con un mismo F.B.I, la salida de las 12 UTC de HARMONIE tiene un *False Alarm Rate* muy inferior al resto de salidas del mismo modelo.

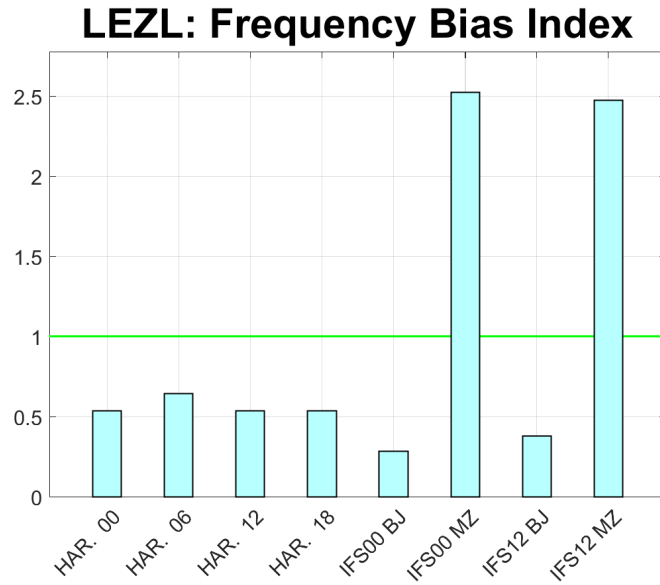


Figura 6.44 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Sevilla.

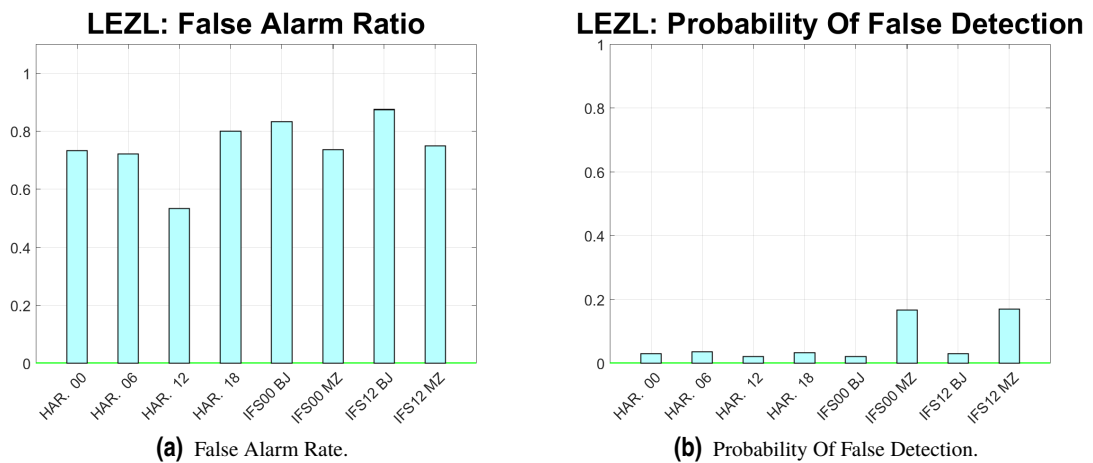


Figura 6.45 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Sevilla.

En general, el *False Alarm Rate* alcanza valores muy altos, en torno a 0.8 para la mayoría de salidas, lo que implica que de las predicciones de reducción de visibilidad que se hicieron, alrededor del 80% no ocurrió.

En la figura 6.46(a), correspondiente al *Percentage Correct*, se obtienen valores muy altos, superiores a 0.8, pero esto no significa que los modelos vayan bien, ya que se consideran los negativos correctos como aciertos y, al no darse frecuentemente reducciones de visibilidad, el P.C no aporta mucha información.

La *Probability Of Detection*, figura 6.46(b), es muy superior en el ECMWF considerando mezcla de nubes, ya que este era el caso más subestimado. Sin embargo, en el *Threat Score*, la diferencia con el resto de resultados no es tan marcada, aunque se obtienen valores bastante más altos que si solo se consideran nubes bajas. En el *True Skill Statistic* la diferencia entre ECMWF con nubes bajas y con mezcla de nubes se vuelve a acentuar. Si se consideran mezcla de nubes, se separan mejor los episodios de visibilidad reducida de los de visibilidad mayor de 10 km. Aunque el *Frequency Bias Index* sea muy dispar, puede considerarse que, del modelo ECMWF, las predicciones son mejores si se tienen en cuenta las nubes mezcla. Esto se debe a que, durante el periodo de estudio, hubo numerosas reducciones de visibilidad debidas a precipitaciones, acompañadas de nubes de desarrollo vertical.

Los resultados de ECMWF con mezcla de nubes son, según las gráficas de la figura 6.46, superiores a

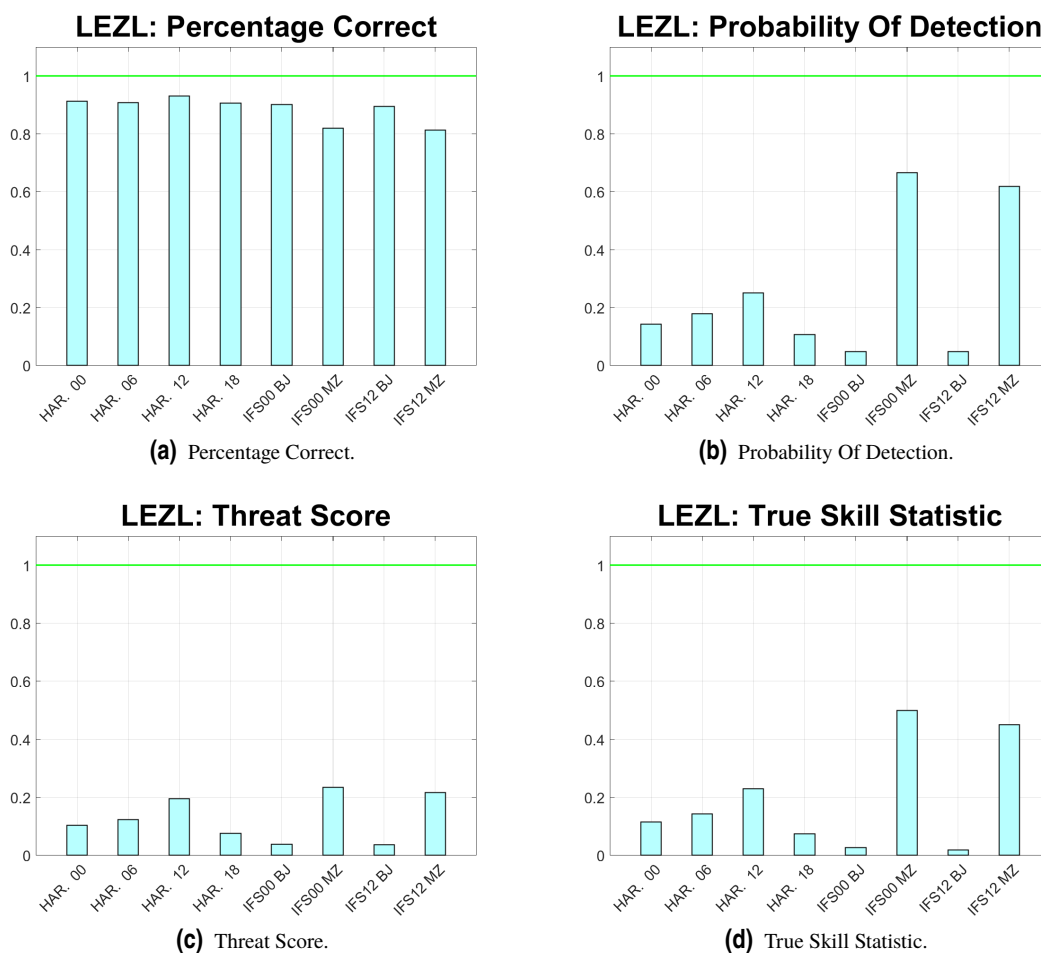


Figura 6.46 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Sevilla.

los de HARMONIE. Sin embargo, esto se consigue con una sobrestimación muy alta, y por tanto con una P.O.F.D también mayor, por lo que no hay un modelo que tenga unos resultados claramente superiores.

Sí que es posible determinar qué pasada de HARMONIE funcionó mejor, que fue la de las 12 UTC. Con un F.B.I del mismo orden que el resto de pasadas, consigue un F.A.R casi un 20% inferior, y mejores resultados en cuanto a T.S, P.O.D y T.S.S.

Al considerar intervalos, casi todas las salidas mejoran su *Threat Score*, figura 6.47(c), aunque HARMONIE lo hace en mayor medida. Además, salvo las salidas del ECMWF que solo consideran nubes bajas, el resto mejora su *True Skill Statistic* en torno a un 20%. También aumentan las falsas alarmas, pero, aún así, aumenta T.S, que considera las falsas alarmas como fallos.

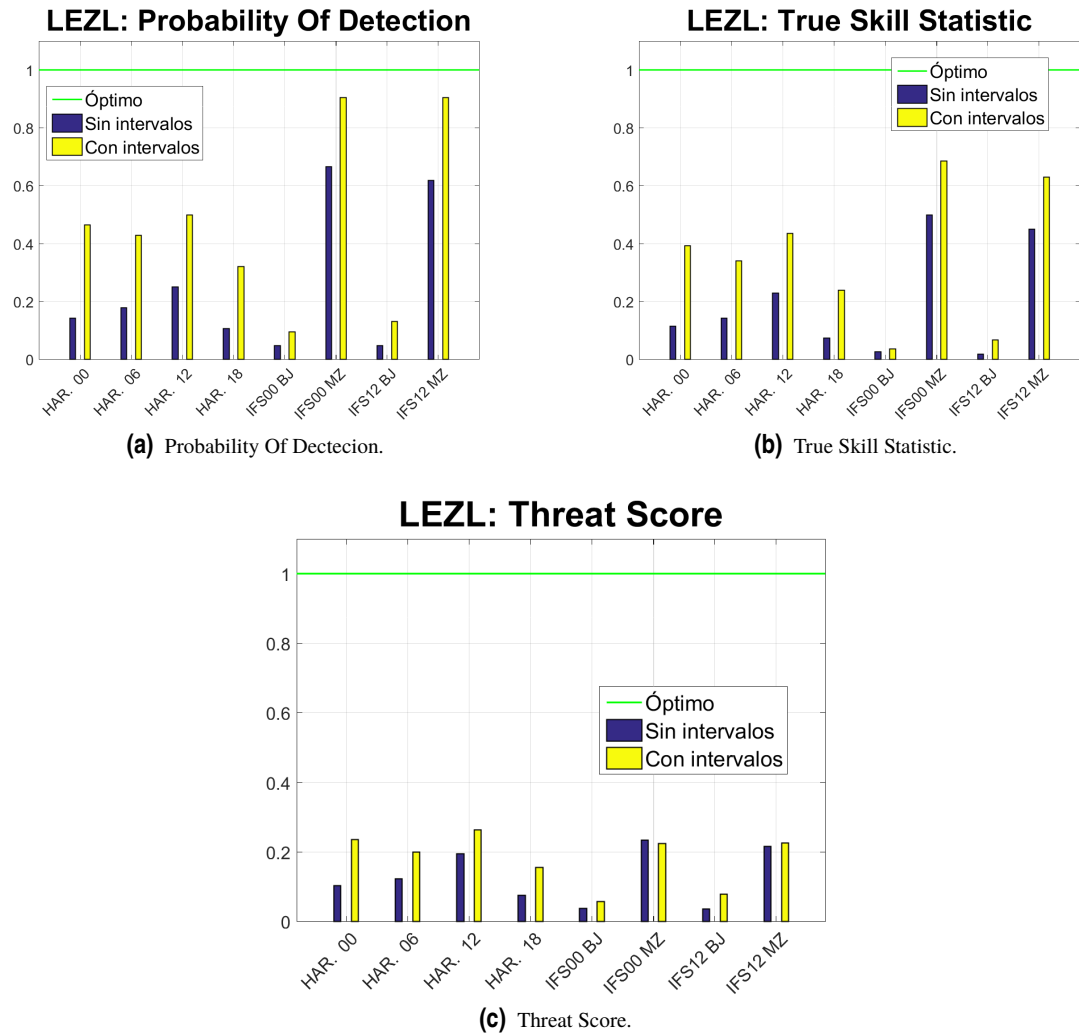


Figura 6.47 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Sevilla.

Aeropuerto de Córdoba

En este aeropuerto los resultados son similares a los del Aeropuerto de Sevilla: F.B.I bajo en HARMONIE Y ECMWF con nubes bajas, y muy altos para ECMWF con mezcla de nubes. También se obtienen valores de P.O.F.D mucho más altos en este último caso. Sin embargo, al contrario de lo que ocurría en Sevilla, se obtienen valores más bajos de F.A.R (figura 6.49(a)) en el Centro Europeo con nubes bajas. Además, HARMONIE obtiene valores de este indicador menores que el ECMWF.

En ECMWF, los resultados, son mejores si se consideran nubes mezcla que si solo se consideran nubes bajas, alcanzando un T.S de casi 0.3, y un T.S.S superior a 0.5, aunque esta tasa está influenciada por el gran número de negativos correctos. La probabilidad de acertar una predicción de reducción de visibilidad es por tanto mayor si se tienen en cuenta las nubes mezcla, aunque también aumenta, en menor medida, la probabilidad de que la predicción no se cumpla. Al igual que ocurría en el Aeropuerto de Sevilla este hecho es debido a las reducciones de visibilidad debidas a precipitaciones.

En HARMONIE, el *Threat Score* no llega a 0.3, y es prácticamente igual en las cuatro pasadas. También se obtienen valores muy similares del T.S.S y P.O.D, y aproximadamente del mismo orden de magnitud.

Al tener en cuenta intervalos, todas las salidas mejoran su *Probability Of Detection*, aunque lo hacen de forma más pronunciada las salidas del ECMWF con nubes bajas. En el ECMWF con nubes mezcla, se alcanzan resultados cercanos al óptimo, aunque, teniendo en cuenta la fuerte sobrestimación, es de esperar que esto suceda.

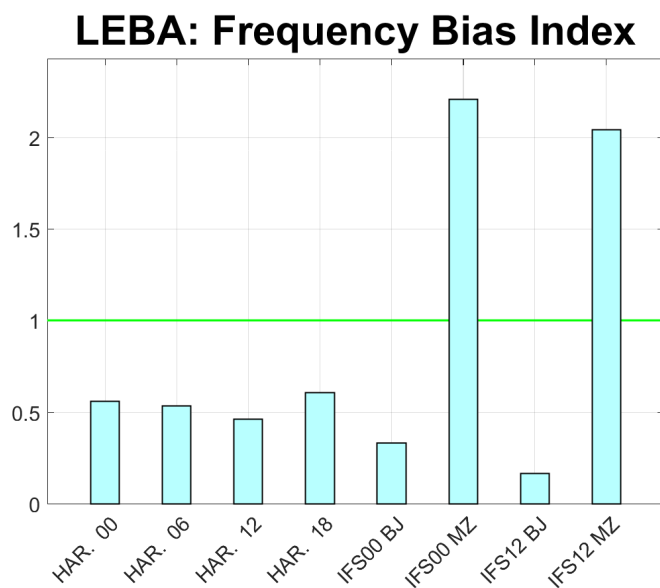


Figura 6.48 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Córdoba.

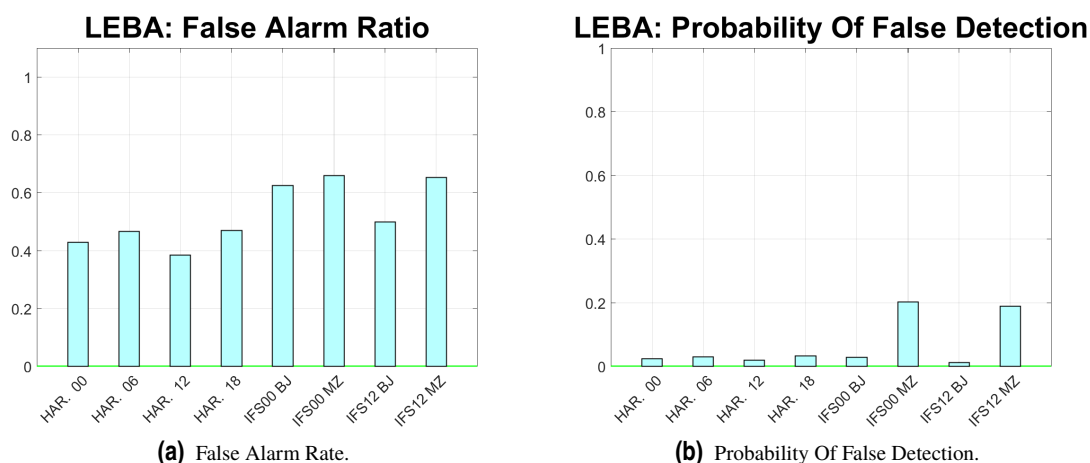


Figura 6.49 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Córdoba.

En HARMONIE, aumenta la P.O.D alrededor del 20% en todas las pasadas, menos en la de las 18 UTC, que el aumento no es tan pronunciado. Se consiguen, en este caso, P.O.D superiores a 0.5.

El tener en cuenta intervalos hace que también aumenten las falsas alarmas, lo que se traduce en que el *Threat Score* no tiene por qué aumentar. Aumenta en las tres primeras salidas de HARMONIE, así como en el ECMWF con nubes bajas, pero no lo hace en el resto de pasadas.

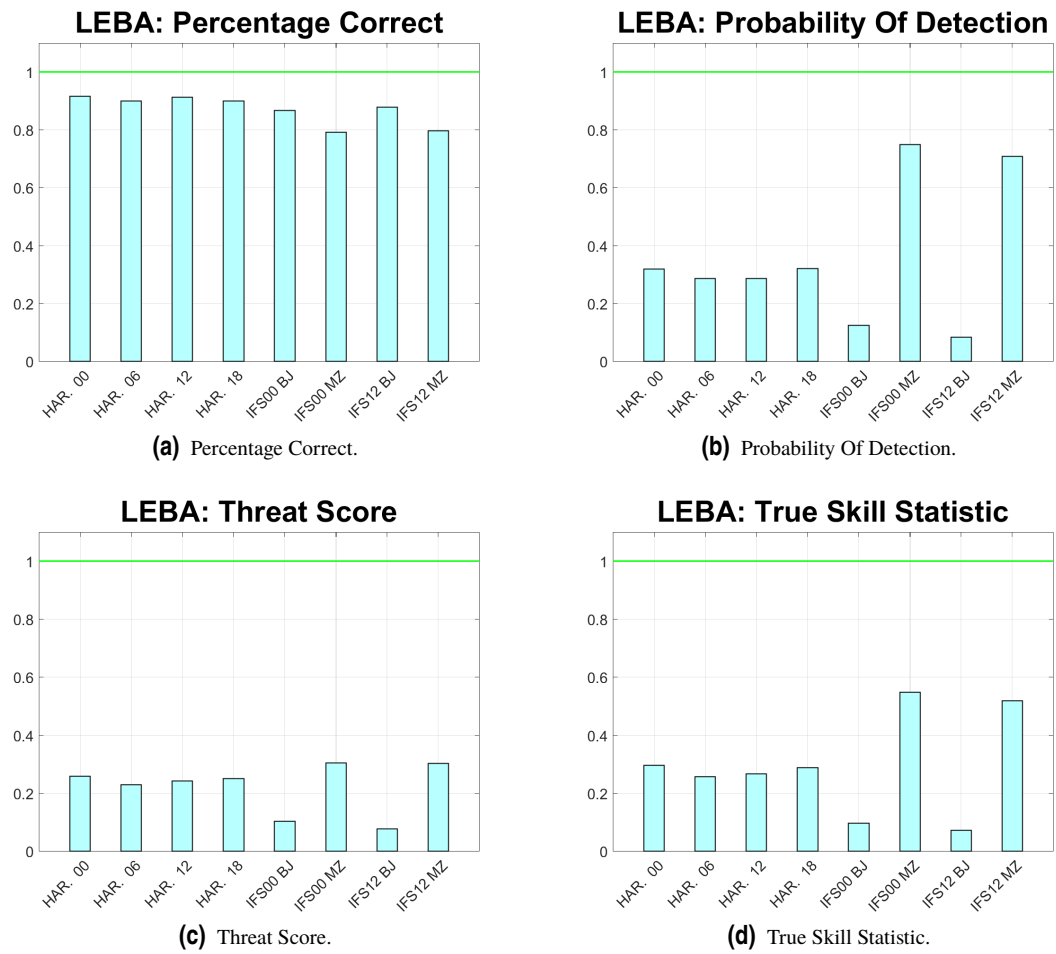


Figura 6.50 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Córdoba.

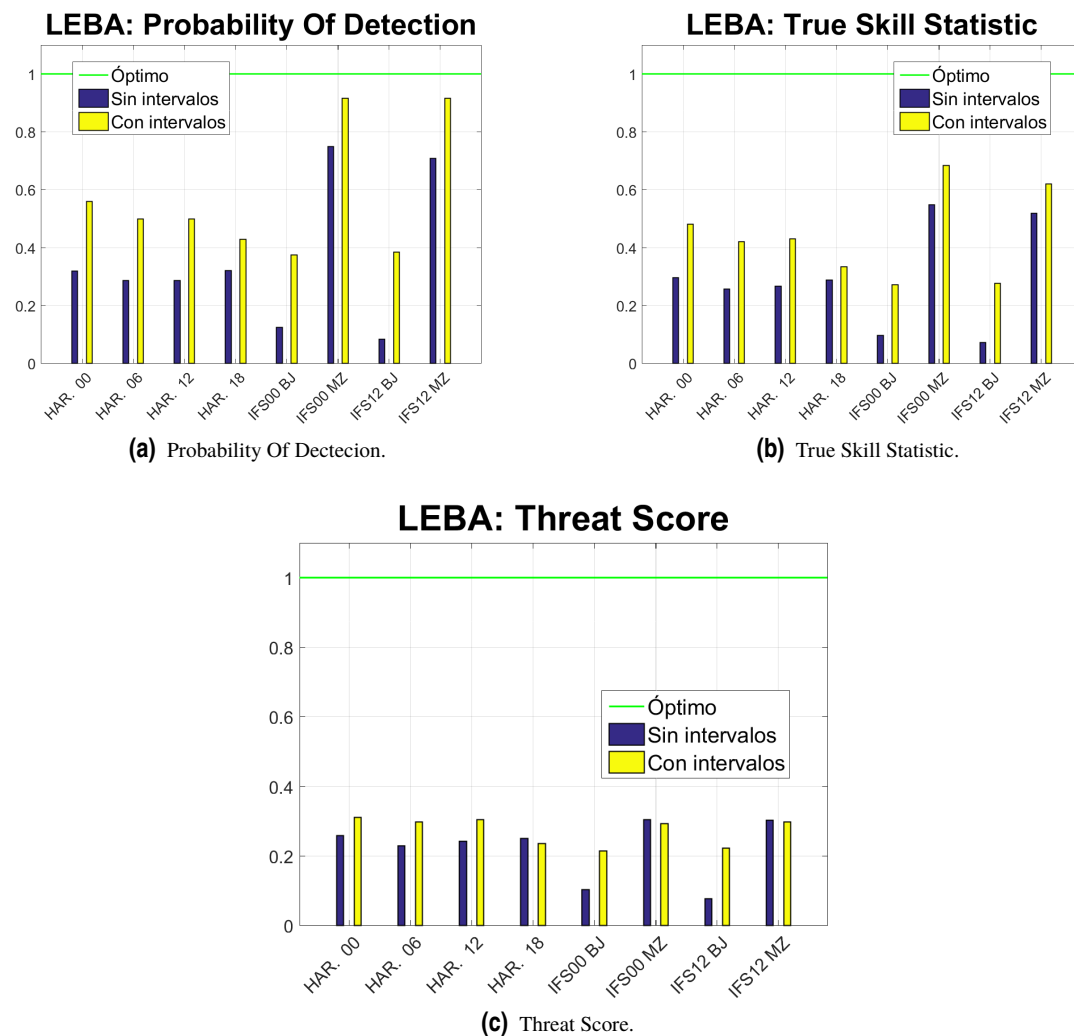


Figura 6.51 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Córdoba.

Aeropuerto de Melilla

En la figura 6.52 se ha representado el *Frequency Bias Index* para cada salida. Al igual que ocurría en el resto de aeropuertos, el ECMWF considerando mezcla de nubes está muy sobrestimado, aunque algo menos que en los aeropuertos de Sevilla y Córdoba. Además, las salidas del ECMWF con nubes bajas están menos subestimadas que en los aeropuertos anteriores.

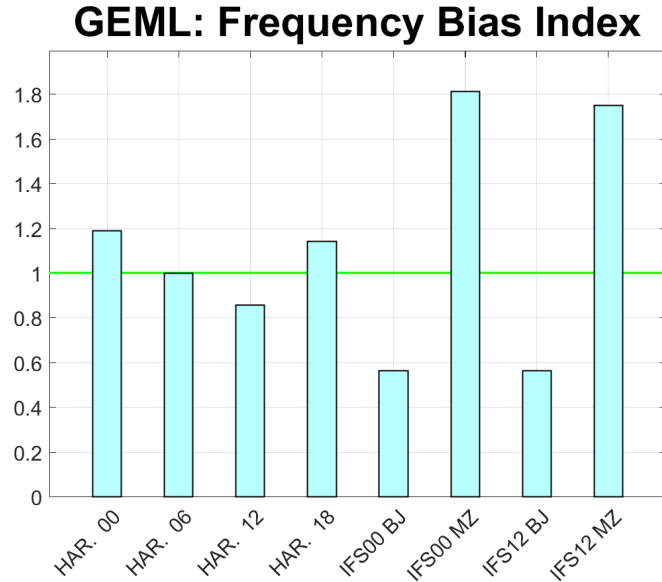


Figura 6.52 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Melilla.

En HARMONIE, los valores que se obtienen del F.B.I son superiores a los de LEZL y LEBA, aunque solo se sobrestiman en las salidas de las 00 UTC y las 18 UTC. Además, el *False Alarm Rate*, figura 6.53(a), está en torno al 0.8, del mismo orden que en el Aeropuerto de Sevilla.

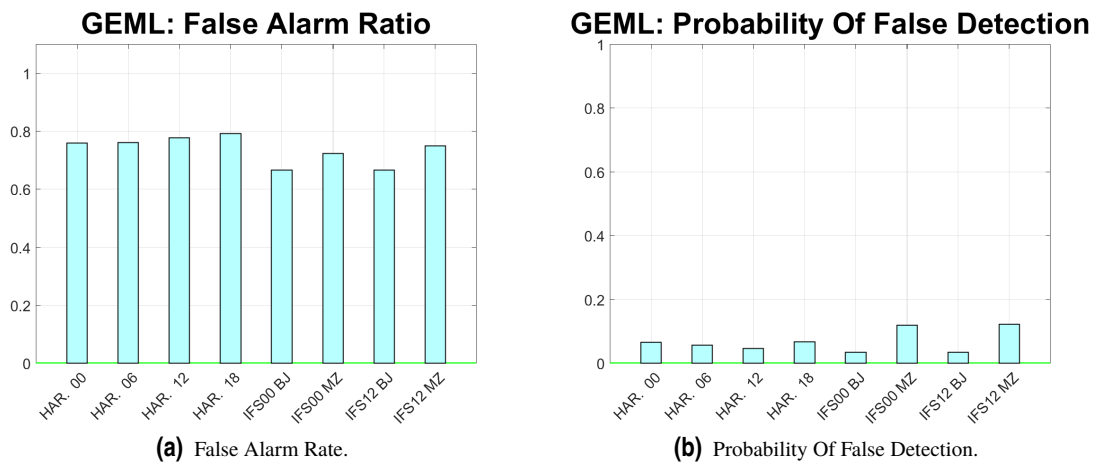


Figura 6.53 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Melilla.

En las salidas del ECMWF, se cumple que las que consideran mezcla de nubes tienen mayor F.A.R, y también mayor P.O.F.D, es decir, se comportan peor frente a falsas alarmas. Sin embargo, consiguen mejores resultados de la *Probability Of Detection* (figura 6.54(b)), con una diferencia de más del 20% frente a los resultados del mismo modelo pero considerando solo nubes bajas. Como esta diferencia es mayor a la que se obtenía en la P.O.F.D, el *True Skill Statistic* es más alto considerando nubes bajas, y también el *Threat Score*.

Aún así, el T.S es muy bajo, alrededor de solo el 20 % de las ocasiones en que hubo o se predijo reducción de visibilidad se produjeron aciertos.

En HARMONIE, este porcentaje es aún menor, de en torno al 15 %. Si se consideran solo los episodios en los que se cifró reducción de visibilidad en el METAR, se obtiene un acierto que ronda el 20 %, salvo en la salida de las 00 UTC, en la que casi se alcanza el 30 %.

Con intervalos, la *Probability Of Detection* aumenta en todos los casos, aunque, en el ECMWF con nubes bajas es donde menos aumenta, y en el ECMWF con nubes mezcla es donde más aumenta. De esta forma, ECMWF consigue P.O.D cercanas a 0.8, y HARMONIE en torno a 0.4. Estas mejoras no se reflejan de igual modo en el T.S, ya que influye el aumento de falsas alarmas.

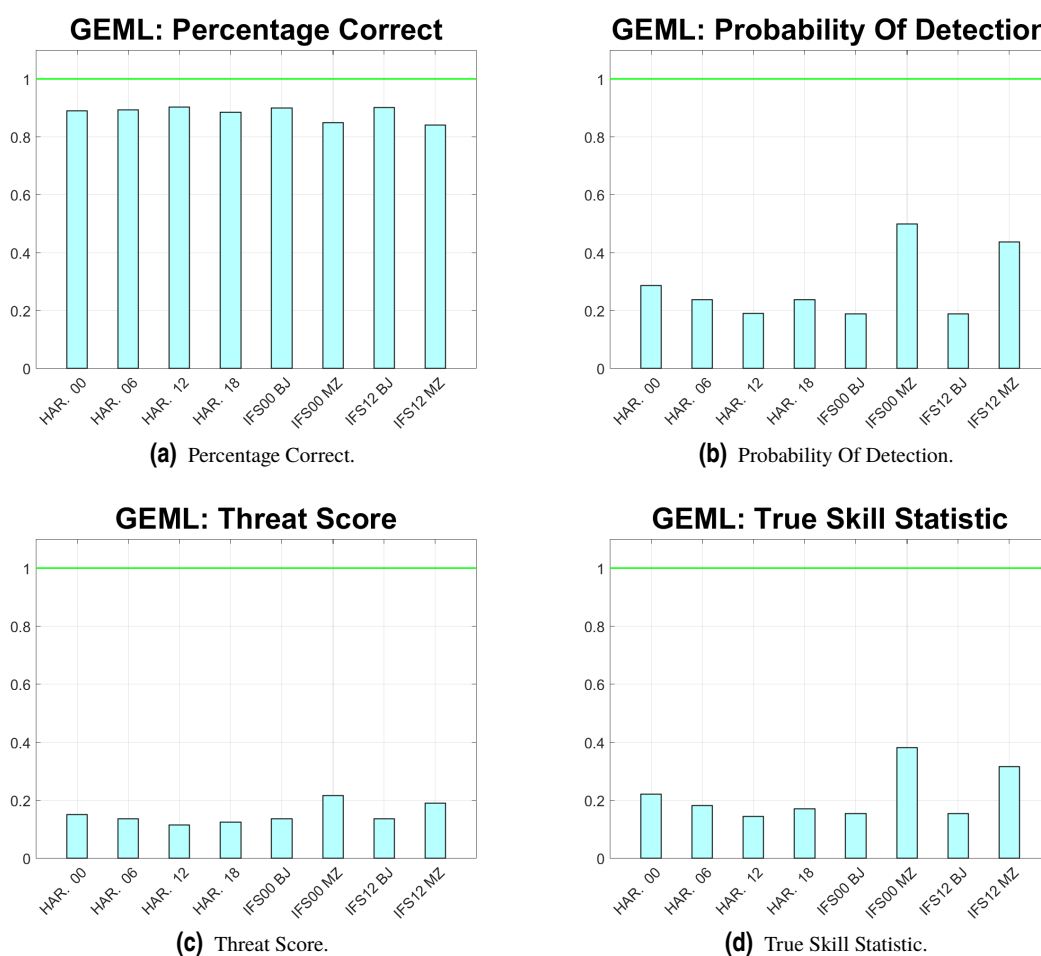


Figura 6.54 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Melilla.

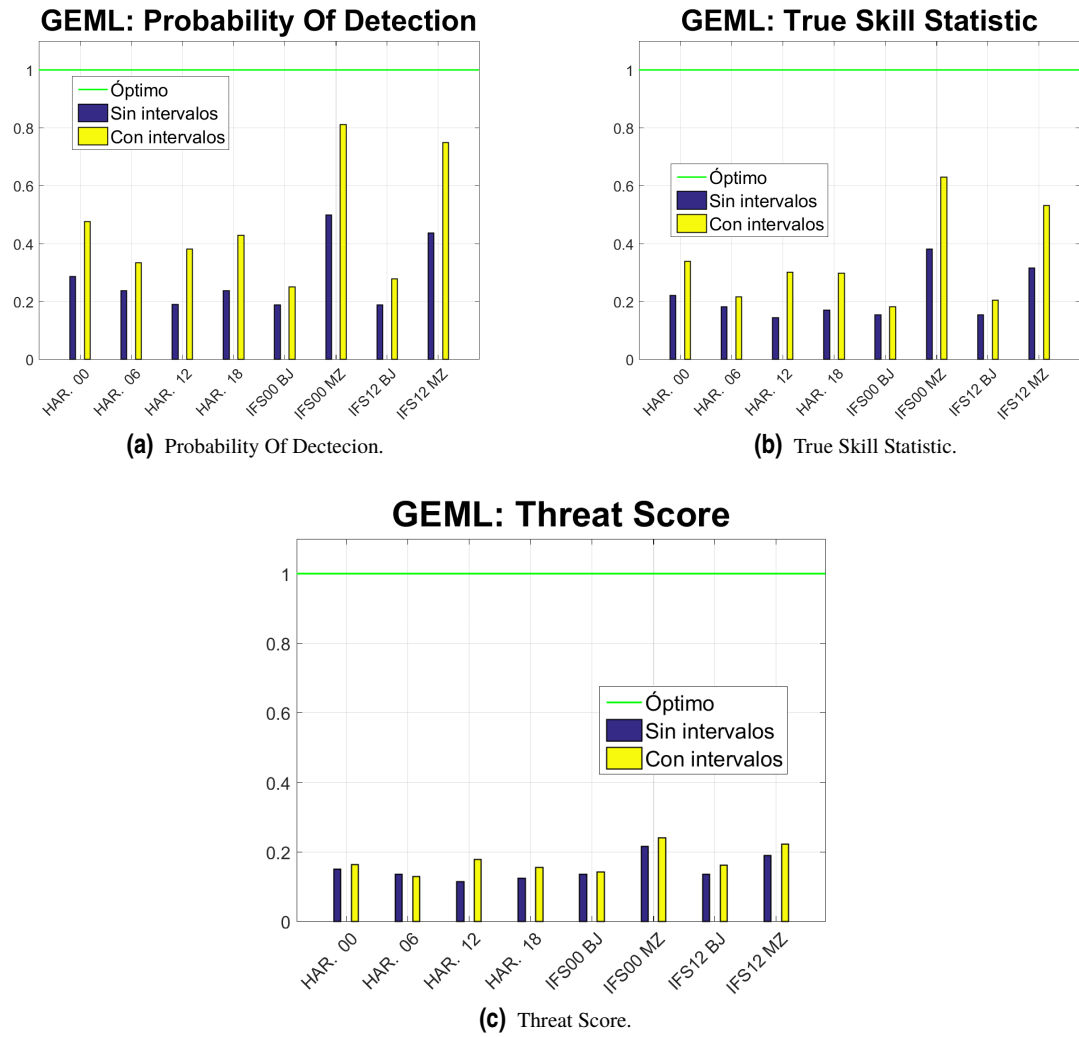


Figura 6.55 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Melilla.

Aeropuerto de Málaga

En el *Aeropuerto de Málaga*, la sobrestimación del ECMWF con mezcla de nubes es inferior a la que se daba en los aeropuertos analizados hasta el momento, y si solo se consideran nubes bajas, el F.B.I no llega a 0.2.

HARMONIE subestima la visibilidad, pero las pasadas de las 00 UTC y 06 UTC tienen F.B.I próximos a la unidad. Sin embargo, aunque no esté sobrestimado, la mayoría de las predicciones de que hubiera reducción de visibilidad no se cumplieron, ya que el F.A.R (figura 6.57(a)) es muy alto, superando el 0.9 en la salida de las 18 UTC.

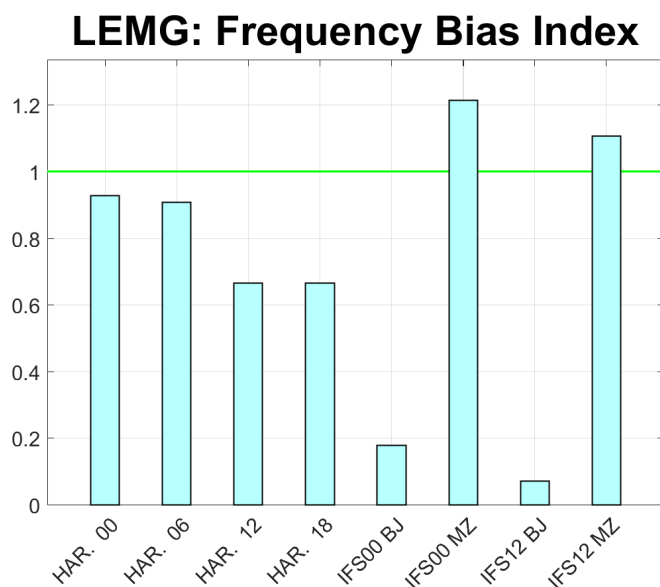
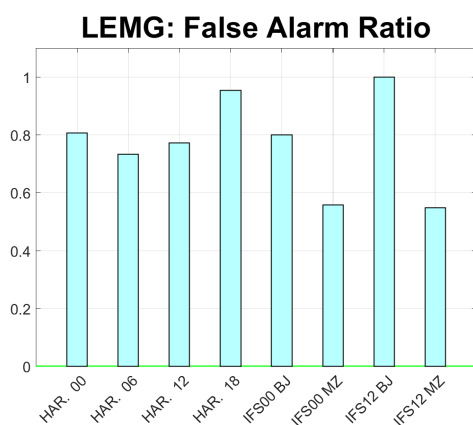
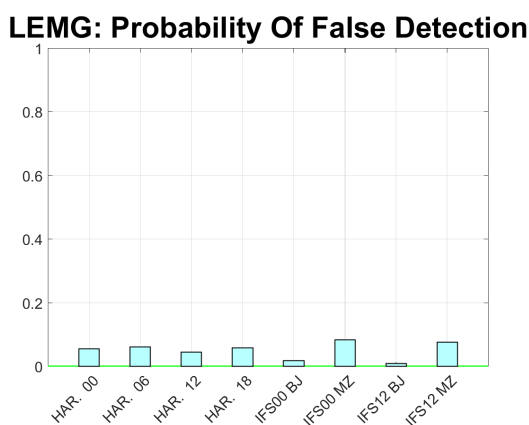


Figura 6.56 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Málaga.

En el ECMWF, se obtienen mayores F.A.R en las salidas de nubes bajas, que eran las más subestimadas. De hecho en la salida de las 12 UTC se alcanza $F.A.R = 1$, es decir, de todas las veces que el modelo dio nubes bajas, en ninguna se produjo reducción de visibilidad.



(a) False Alarm Rate.



(b) Probability Of False Detection.

Figura 6.57 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Málaga.

De acuerdo a los resultados comentados hasta ahora, y a los resultados de la figura 6.58, puede considerarse que la "mejor" salida de HARMONIE es la de las 06 UTC, y la "peor" la de las 18 UTC. En cuanto al ECMWF, en el Aeropuerto de Málaga han obtenido mejores resultados las salidas que tienen en cuenta las nubes mezcla, y además, se consiguen en estos casos mejores resultados que en HARMONIE.

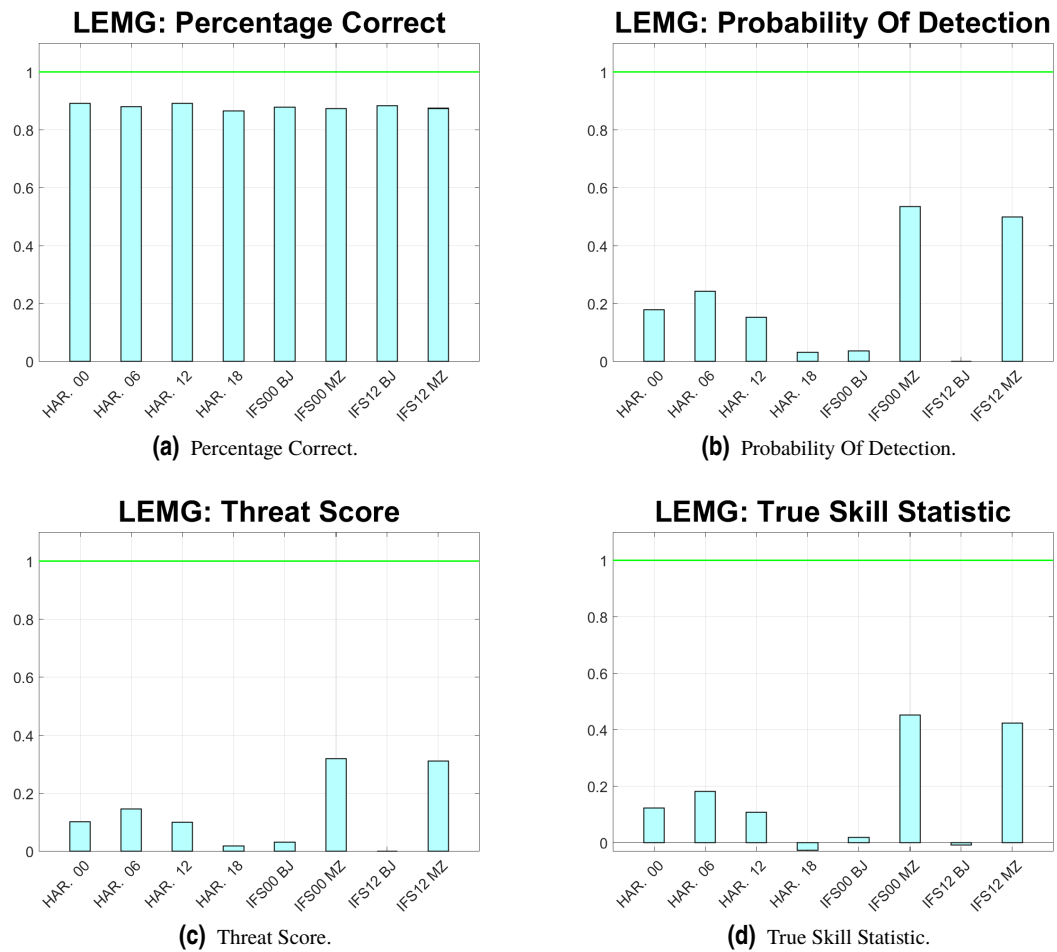


Figura 6.58 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Málaga.

Considerando intervalos (figura 6.59), todas las salidas aumentan su P.O.D, aunque unas lo hacen en mayor medida que otras. El ECMWF sigue consiguiendo los mejores resultados, y ahora obtiene P.O.D superiores a 0.7.

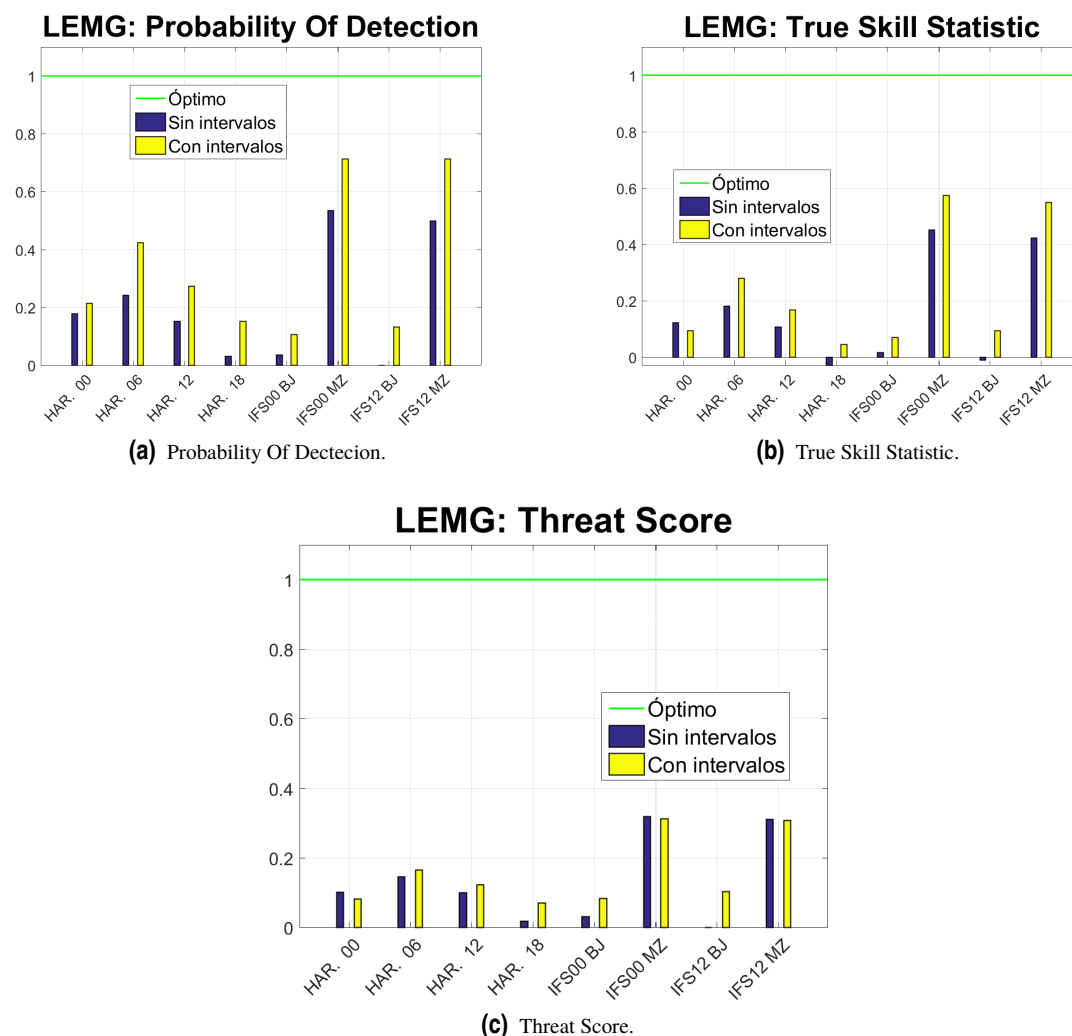


Figura 6.59 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Málaga.

Aeropuerto de Jerez de la Frontera

En el Aeropuerto de Jerez de la Frontera, la sobrestimación del ECMWF considerando la mezcla de nubes vuelve a ser muy alta, se obtienen valores del F.B.I comprendidos entre 3 y 3.5. Sin embargo, considerando tan solo las nubes bajas, el F.B.I que se obtiene es, aunque subestimado, más cercano a la unidad, siendo para ambas pasadas del mismo orden, superior a 0.7.

En HARMONIE, salvo en la salida de las 00 UTC, se consigue $F.B.I = 1$. Sin embargo, el motivo es que se consiguieron la misma cantidad de fallos que de falsas alarmas, de forma que el resultado total es el indicado.

En la figura 6.61 (a), correspondiente al *False Alarm Rate*, se han obtenido valores muy altos, que rondan el 0.7 para todas las salidas de HARMONIE y para las salidas del ECMWF de nubes mezcla.

Lo que más destaca es que, para las salidas del ECMWF de nubes bajas, se obtienen $F.A.R = 1$, es decir, no se tuvo ninguna situación en la que el ECMWF diera nubes bajas y se produjera reducción de visibilidad. Además, si se observan las gráficas de la figura 6.62, se puede ver que en estas salidas no hubo ningún acierto, ya que tanto la P.O.D como el T.S son nulos. Considerando también la mezcla de nubes, se obtienen mejores resultados. La *Probability Of False Detection* es muy alta, cercana a 0.8, en parte debido a la sobrestimación.

En HARMONIE, los resultados de las cuatro pasadas son similares. La P.O.D está por encima de 0.2, y la T.S por debajo de este valor. No se puede diferenciar una pasada que funcionara mejor o peor, ya que los resultados son muy similares.

Los resultados del análisis con intervalos se muestran en la figura 6.63. La P.O.D aumenta, como es de esperar, pero no lo hace de forma mucho más pronunciada en HARMONIE. De esta forma, se alcanzan

valores de la P.O.D de entre 0.45 y 0.6, lo que supone una gran mejoría. En ECMWF la P.O.D aumenta muy ligeramente, y tanto el T.S como el T.S.S disminuyen debido a que aumentan las falsas alarmas.

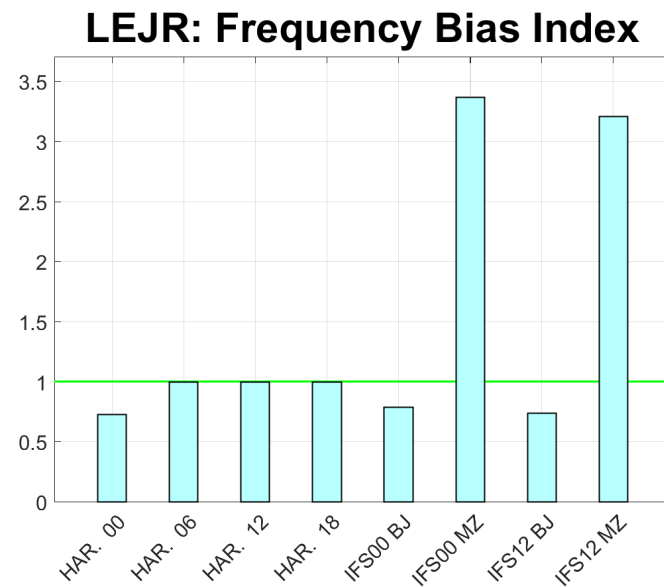


Figura 6.60 Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

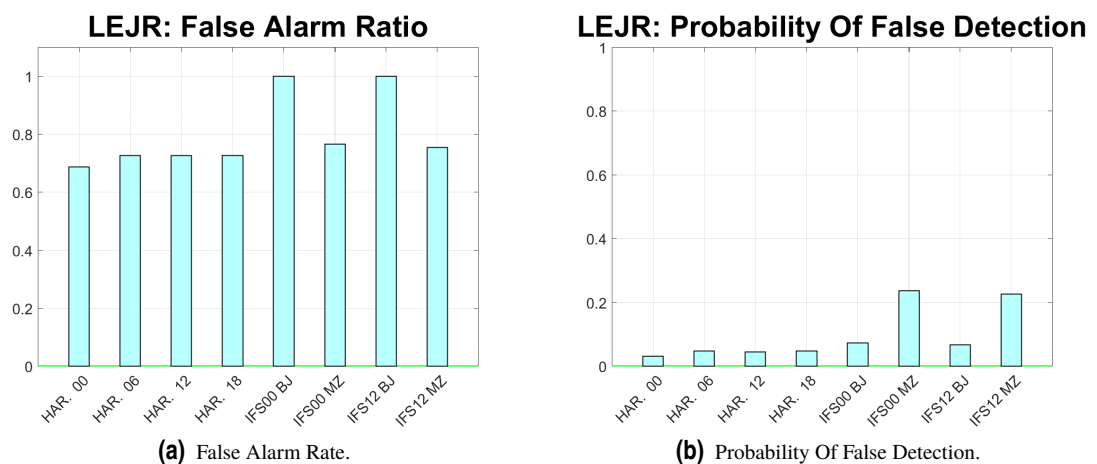


Figura 6.61 F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

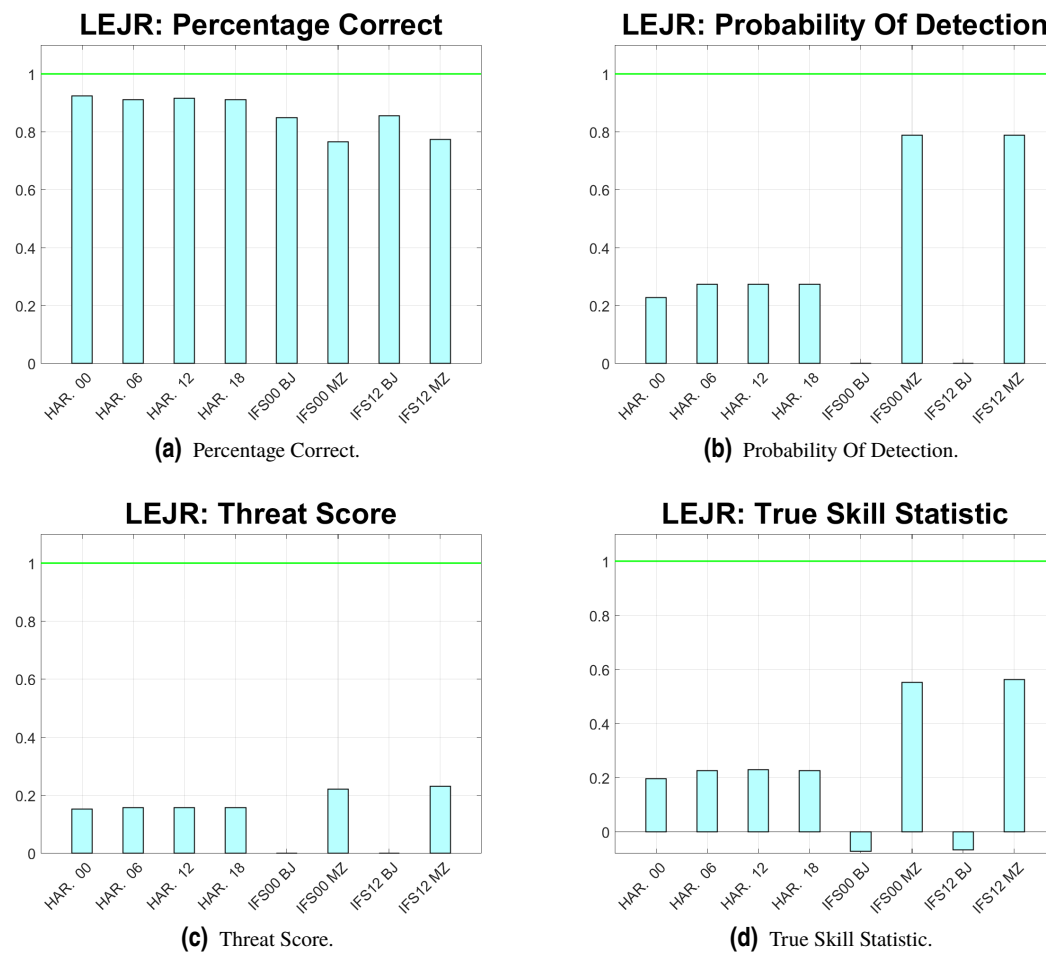


Figura 6.62 P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

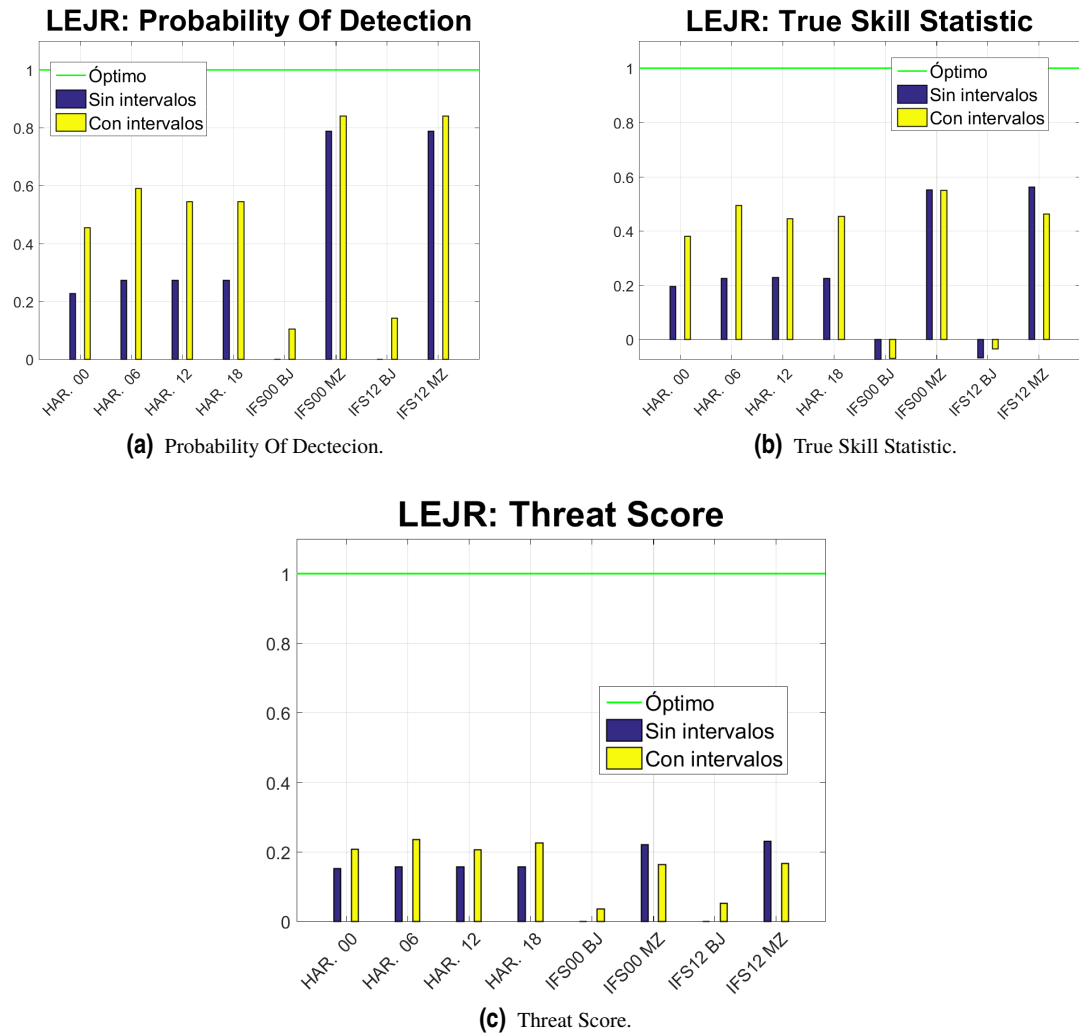


Figura 6.63 P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

Conclusiones

Se ha visto en el análisis por aeropuerto que en ningún caso HARMONIE consigue mejores resultados que el ECMWF. Aunque HARMONIE tenga una salida de visibilidad horizontal, los resultados son mejores si se asocia la presencia de nubes bajas junto con otro tipo de nubes con una reducción de la visibilidad. También habría que estudiar, para confirmar esto, si se mantienen estos resultados al diferenciar entre reducción de visibilidad debido a brumas o nieblas de la reducción por precipitaciones.

Para tener una visión global de los resultados de los cinco aeropuertos, se han representado en la figura 6.64 los resultados del *Threat Score* y la *Probability Of Detection* para cada uno de ellos.

Los resultados del *Threat Score* son, en general, bajos tanto en HARMONIE como en ECMWF. La P.O.D, sin embargo, si obtienen buenos resultados en ECMWF, al no tener en cuenta las falsas alarmas.

En el Aeropuerto de Córdoba HARMONIE obtiene mejores resultados que en el resto de aeropuertos, aunque están lejos de poder considerarse buenos. En este aeropuerto el ECMWF también obtiene, considerando nubes mezcla, sus mejores resultados, junto con el Aeropuerto de Málaga.

La correspondencia de nubes bajas del ECMWF con reducciones de visibilidad consigue mejores resultados en Melilla, y con unos valores muy similares a HARMONIE. Hay que destacar que este Aeropuerto es el que cifró menor cantidad de precipitación. Además, en Jerez de la Frontera ocurre lo contrario, es donde se obtiene menor correspondencia de nubes bajas del ECMWF con reducciones de visibilidad, y tan solo se cifró un dato de reducción de visibilidad sin que se cifrara precipitación. Además, en general, se obtienen mejores resultados para el ECMWF con mezcla de nubes que con nubes bajas, cuando debería ser al contrario. Como

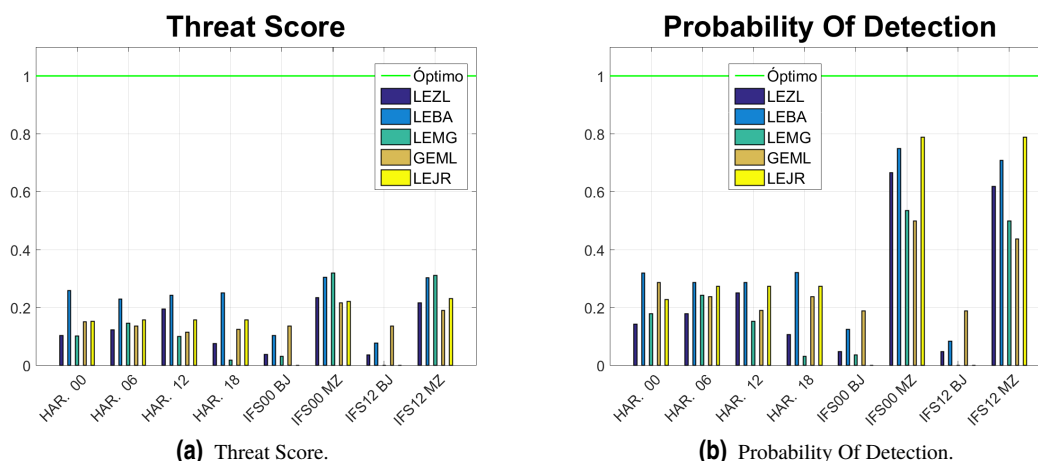


Figura 6.64 Comparación de T.S y P.O.D para los cinco aeropuertos.

se ha comentado a lo largo del análisis, esto se debe que se produjeron numerosas reducciones de visibilidad debidas a precipitaciones, que van acompañadas de nubes de desarrollo vertical. Sería interesante, por tanto, estudiar las reducciones de visibilidad teniendo en cuenta la causa por la que se producen.

6.2.2 Análisis diferenciando entre brumas y nieblas

En este último análisis, se va a distinguir entre brumas o nieblas, según los siguientes criterios:

- Bruma: visibilidad comprendida entre 1000m y 5000m
- Niebla: visibilidad inferior a 1000m

Por tanto, no se tendrán en cuenta reducciones de visibilidad que no alcancen los 5000m. Se comprobará en este caso si HARMONIE sobrestima las nieblas, y si las nubes bajas y mezcla del ECMWF se corresponden con brumas o nieblas.

Todas las tablas de datos se adjuntan en el anexo A. Como en este análisis predominan los negativos correctos, no se va a utilizar el indicador P.O.D.F, ya que se ve muy influenciado por estos datos, y no proporciona mucha información.

Aeropuerto de Sevilla

En el Aeropuerto de Sevilla, no se cifró ninguna reducción de visibilidad por debajo de los 1000m, es decir, no hubo ninguna niebla. Lo que habrá que comprobar, por tanto, es si los modelos generaron alguna falsa alarma en este rango de visibilidad. Si se comprueban las tablas de datos para este aeropuerto, que se incluyen en el anexo A, se comprueba que, en las cuatro salidas de HARMONIE, se cumple que $a = b = c = 0$, es decir, que no hubo ninguna niebla, y la predicción de este modelo fue correcta. En las gráficas que se muestran en este apartado, muchas de las tasas para niebla de HARMONIE, parece que toman valor nulo, pero no es así, lo que ocurre es que al ser cero el denominador, no se está representando ningún dato. Por este motivo, para el Aeropuerto de Sevilla, a partir de este punto, para las nieblas solo se analizará el comportamiento de ECMWF.

En la gráfica del *Frequency Bias Index*, figura 6.65(a), también parecen tomar valor nulo, para niebla, las salidas del ECMWF. Esto se debe a que el denominador ($a + c$) es cero. Sin embargo, si que se dieron falsas alarmas, como se muestra en la figura 6.65(b). Al no haber ninguna observación de niebla, el 100% de las ocasiones en que el Centro Europeo predijo nubes bajas o mezcla son falsas alarmas.

En cuanto a las brumas, destaca la gran diferencia del F.B.I del ECMWF considerando mezcla de nubes con los resultados sin considerar mezcla de nubes. Aún siendo las pasadas más sobrestimadas, son las que consiguen un menor *False Alarm Rate*, entre las del ECMWF.

En HARMONIE, salvo en la pasadas de las 12 UTC, los valores de F.B.I son más próximos a la unidad. Sin embargo, el comportamiento frente a falsas alarmas es peor, por lo general que el del ECMWF. En todas las salidas el *False Alarm Rate* es muy elevado, pero en las tres primeras salidas de HARMONIE, es igual a 1, es decir, no ocurrió ninguna de las brumas que se esperaban.

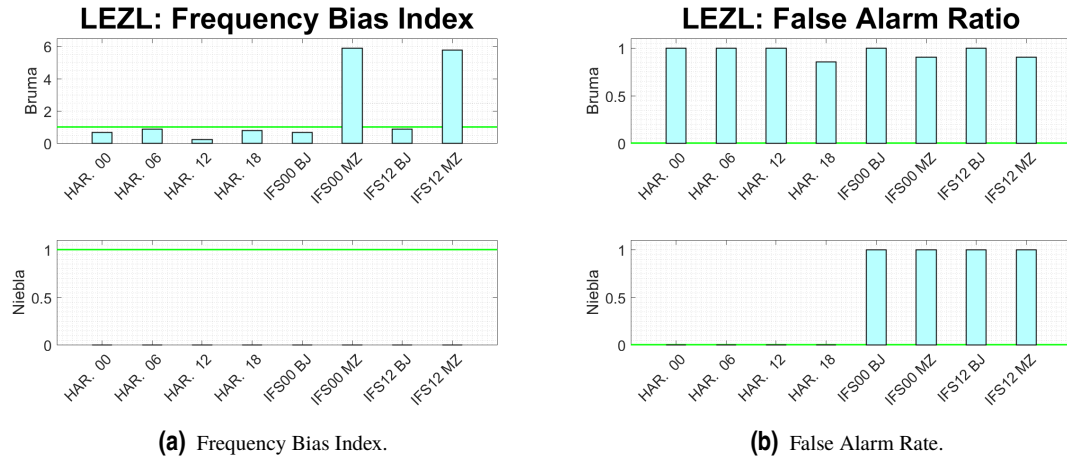


Figura 6.65 F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Sevilla.

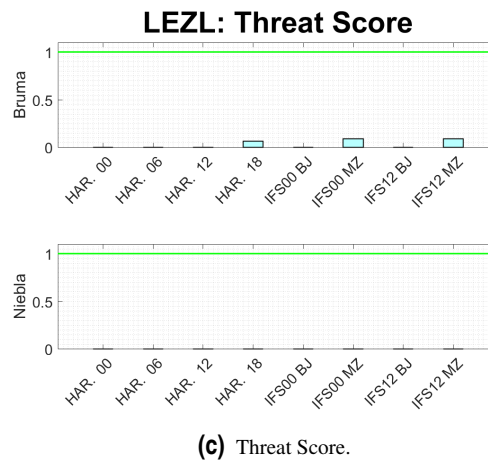


Figura 6.66 P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Sevilla.

Tanto la P.O.D como el T.S.S y T.S consiguen valores más altos en las salidas del Centro Europeo con mezcla de nubes, lo cual es de esperar, al estar muy sobrestimadas, aunque para tener un F.B.I cercano a 6, un *Threat Score* que no llega a 0.1 es muy bajo

En HARMONIE, la pasada que consigue resultados algo mejores es la de las 18 UTC, aunque están lejos

de ser buenos, ya que el T.S no alcanza el 0.1. Sin embargo, consigue los mismo resultados que el ECMWF sin estar sobrestimada, por lo que puede considerarse que funcionó mejor.

Aeropuerto de Córdoba

En este Aeropuerto, aunque no fueron muchas, sí se cifraron algunas nieblas, por lo que se podrá estudiar el comportamiento de todos los modelos. En primer lugar, destaca que tanto para brumas como para nieblas, las salidas del Centro Europeo considerando mezcla de nubes son las que obtienen mayores *Frequency Bias Index*. Para nieblas, se obtiene F.B.I > 25 en la salida de la 00 UTC, y F.B.I > 12 en la de las 12 UTC, valores enormemente grandes. También sobrestima las nieblas la salida que solo considera nubes bajas de las 00 UTC, y la de las 12 UTC consigue F.B.I = 1.

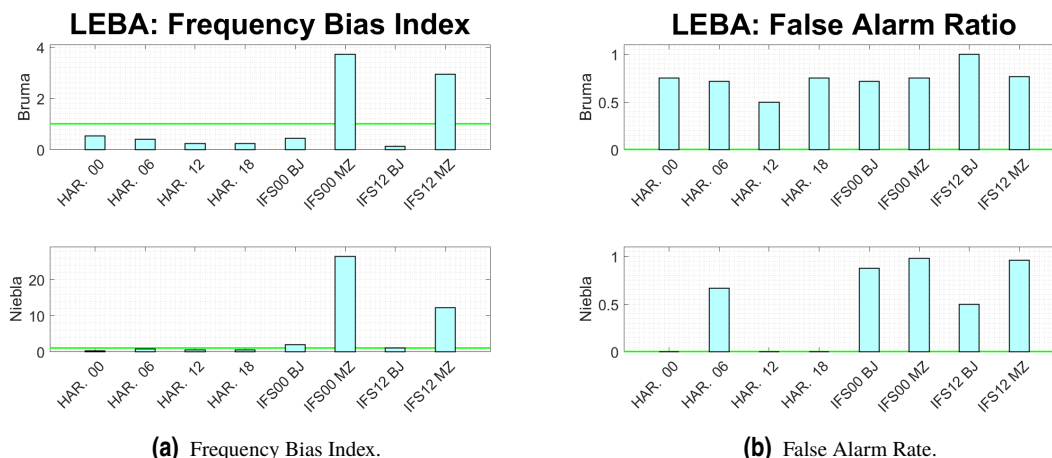


Figura 6.67 F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Córdoba.

El peor comportamiento respecto a falsas alarmas se produce en las salida de las 12 UTC del Centro Europeo con nubes bajas ya que, estando muy subestimado, tiene un F.A.R = 1. También destaca del Centro Europeo que, con un F.B.I mucho menor, la salida de las 00 UTC tiene un ratio de falsas alarmas muy similar a las salidas de nubes mezcla.

La salida con menor *False Alarm Rate* en brumas es la de las 12 UTC de HARMONIE. Aunque es de las más subestimadas, la salida de las 18 UTC, con el mismo F.B.I, tiene un F.A.R casi un 20 % mayor.

En este aeropuerto, para nieblas, exceptuando la salida de las 06 UTC, las salidas de HARMONIE no produjeron ninguna falsa alarma. Del ECMWF, la salida que menor F.A.R tiene en nieblas es la de las 12 UTC con nubes bajas, que era también la que obtenía F.B.I = 1.

Para brumas, aunque el ECMWF con mezcla de nubes esté más sobrestimado que HARMONIE, consigue un *Threat Score* más alto. Además, estas salidas son las únicas que consiguen un valor de T.S superior a 0.2. El ECMWF considerando solo nubes bajas no consigue ningún acierto en su salida de las 12 UTC, pero, sin embargo, en la de las 00 UTC se consigue un T.S muy cercano a 0.1.

En HARMONIE, para brumas, en la salida de las 12 UTC se alcanza T.S = 0.1 y en las salidas de las 00 UTC y las 06 UTC se consiguen valores muy cercanos. Destaca que los valores, en las cuatro pasadas, mejoran en el caso de nieblas, aunque también se tienen menos datos. En las salidas de las 12 UTC y 18 UTC, se consigue T.S = 0.5, que considerando el orden de magnitud de los resultados que se han obtenido hasta el momento, es un valor muy alto. En niebla, HARMONIE supera al modelo del Centro Europeo en este aeropuerto.

Lo que más destaca del ECMWF para nieblas es que, la salida que peores resultados de brumas obtenía, es la que mejores resultados obtiene. La salida de las 12 UTC considerando solo nubes bajas, además de tener F.B.I = 1 y F.A.R inferior al resto de pasadas del mismo modelo, consigue el mayor T.S, en comparación con las demás salidas del ECMWF.

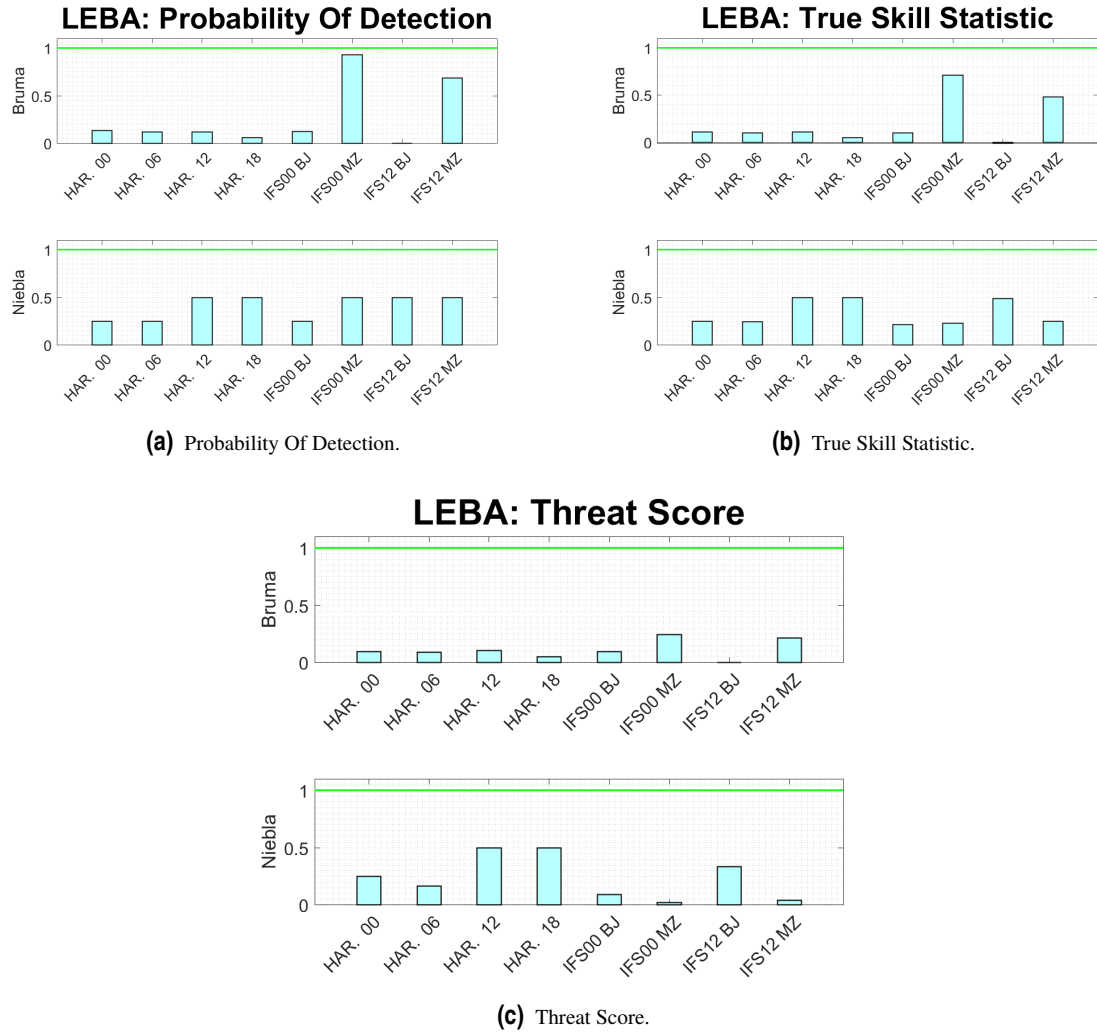


Figura 6.68 P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Córdoba.

Aeropuerto de Melilla

En este aeropuerto tampoco se cifró ninguna reducción de visibilidad por debajo de 1000m y, por tanto, la única tasa de las representadas en las que el denominador no es cero es la F.A.R. Al no haber ninguna niebla, no hay ningún acierto ni fallo, solo falsas alarmas y negativos correctos, por lo que en todas las salidas $F.A.R = 1$, todas las predicciones de reducción de visibilidad son erróneas.

Si se observan los valores del *Frequency Bias index* para las brumas, se comprueba que, en todos los casos, los modelos están sobrestimados. Tal como ha ocurrido hasta ahora, las más sobrestimadas son las salidas del ECMWF con nubes mezcla. Sin embargo, en el Aeropuerto de Melilla tanto El ECMWF con nubes bajas como HARMONIE alcanzan valores muy altos, mucho mayores que 1. La única salida donde esta sobrestimación es menos pronunciada es la salida de las 18 UTC de HARMONIE.

Además el *False Alarm Rate*, figura 6.69(b), está en todas las salidas por encima de 0.8, lo que supone que un 80% de las predicciones de brumas no se cumplieron.

Debido a la gran cantidad de falsas alarmas, incluso con la gran sobrestimación que se daba, los resultados del *Threat Score* son muy bajos, nulos en muchos casos. En ningún caso se alcanza $T.S = 0.2$, pero las salidas de las 00 UTC y las 12 UTC de HARMONIE, así como la de las 00 UTC del Centro Europeo con nubes bajas, consiguen $T.S \approx 0.1$.

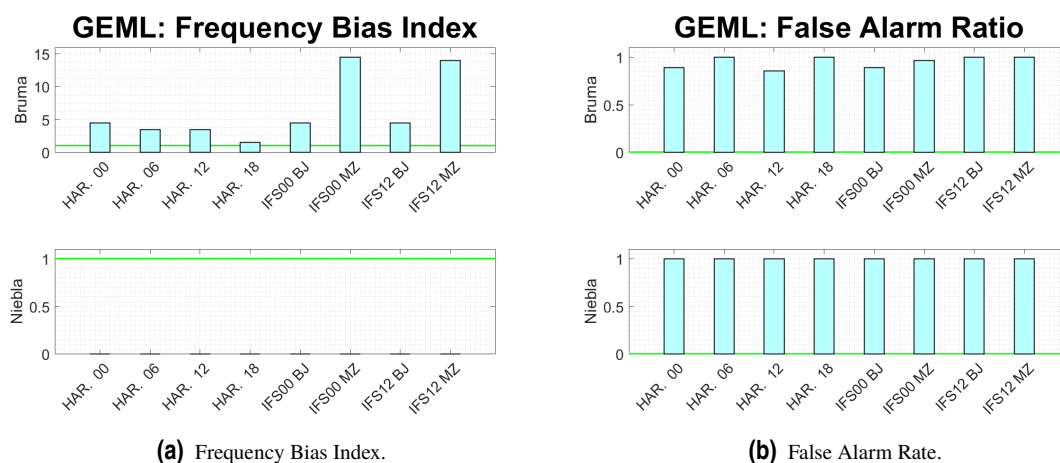


Figura 6.69 F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Melilla.

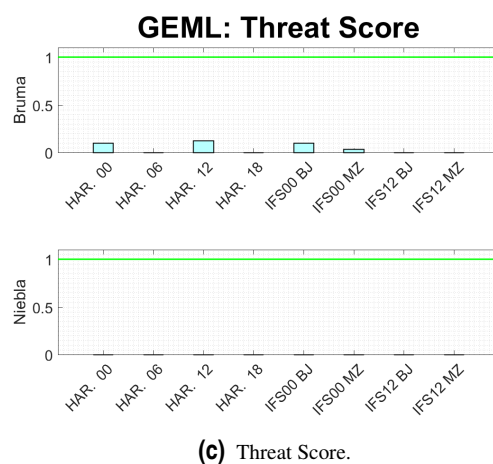
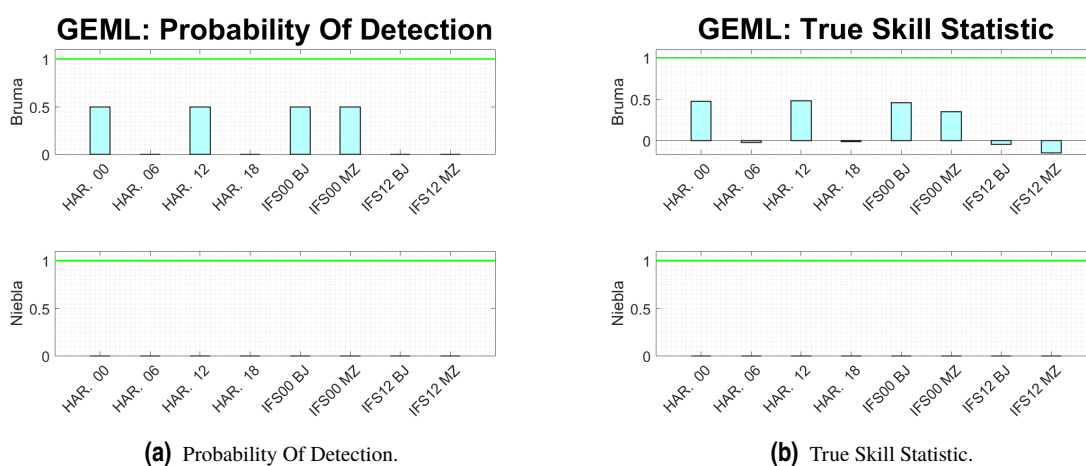


Figura 6.70 P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Melilla.

Aeropuerto de Málaga

En este aeropuerto tampoco se produjeron reducciones de visibilidad por debajo de los 1000m, por lo que tampoco se pueden representar las tasas con denominador cero. Destaca que, en este caso, no todas las salidas

tienen un F.A.R = 1. La salida de HARMONIE de las 12 UTC no tiene ninguna falsa alarma, por lo que es la que mejor ha funcionado para predecir nieblas.

Para las brumas, vuelve a ser el ECMWF con nubes bajas el que sobrestima más, aunque menos que en otras ocasiones. De HARMONIE, la única pasa sobrestimada es la de las 06 UTC.

El *False Alarm Rate* es, por lo general, inferior en Centro Europeo, especialmente en las salidas de nubes mezcla, las más sobrestimadas, donde se consigue valores inferiores a 0.8. En tres salidas, las de las 00 UTC y 18 UTC de HARMONIE y la de las 12UTC de ECMWF con nubes bajas, se alcanza F.A.R = 1.

Aunque la sobrestimación es mayor en ECMWF con mezcla de nubes, también es menor el F.A.R, de forma que, teniendo en cuenta todo, obtienen mejores resultados del *Threat Score*. (superiores a 0.2). En HARMONIE, para las pasadas de las 06 UTC y 12 UTC, que son las únicas que consiguen un T.S distinto de cero, no se alcanza T.S = 0.1.

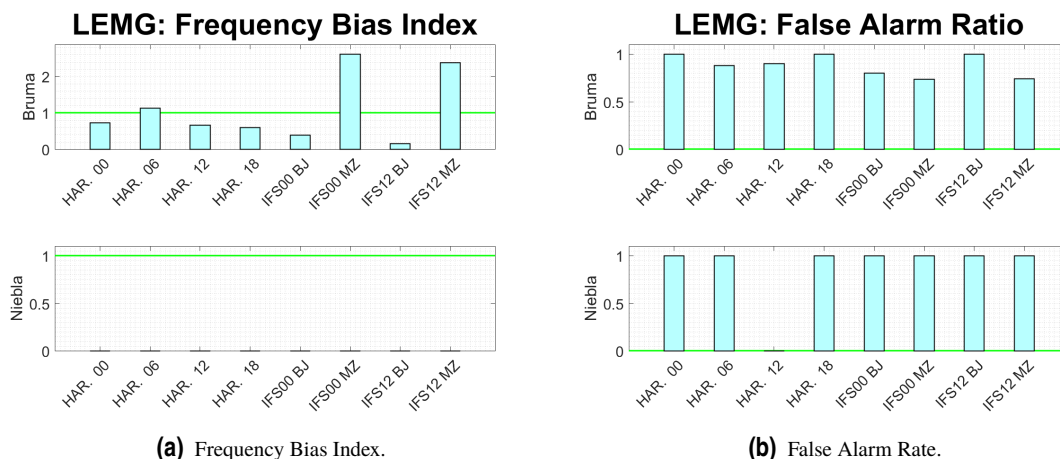


Figura 6.71 F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Málaga.

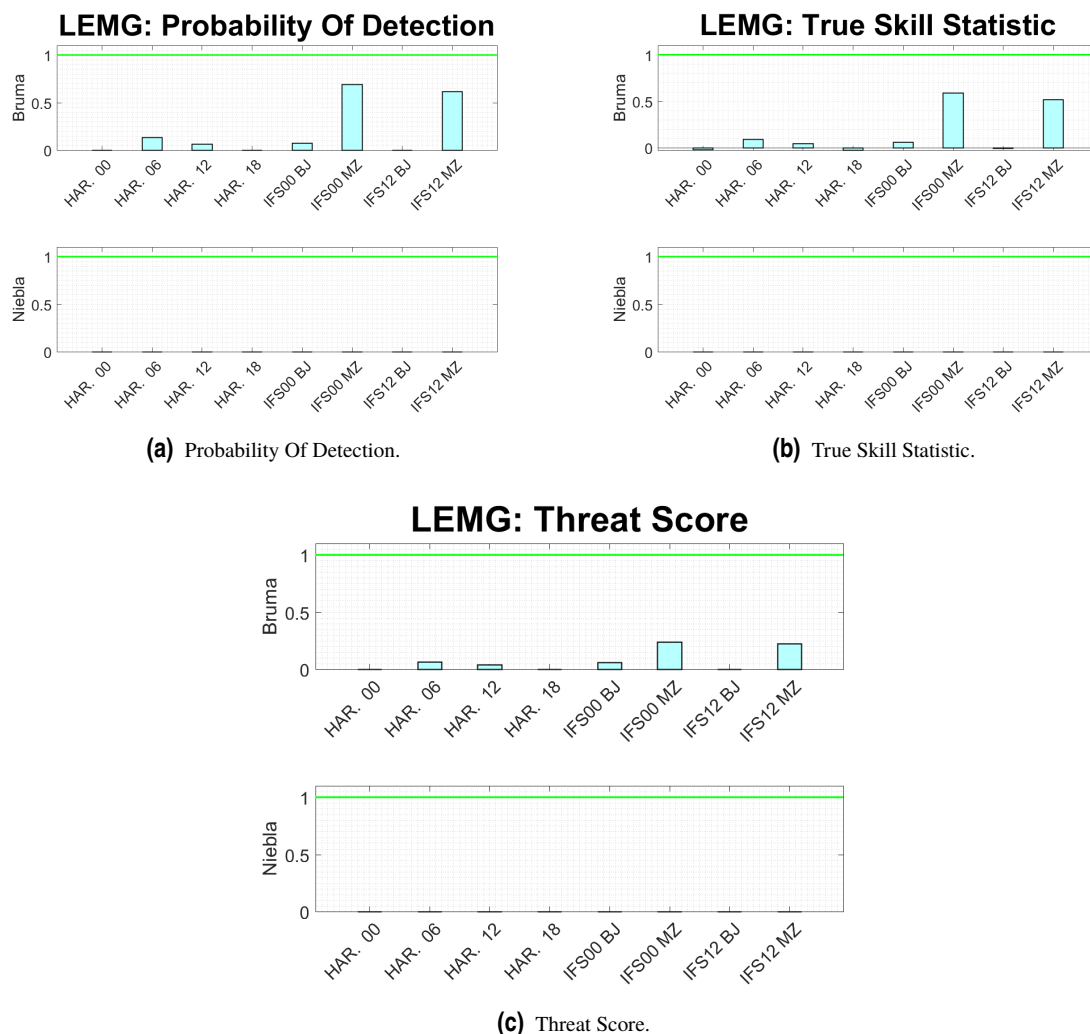


Figura 6.72 P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Málaga.

Aeropuerto de Jerez de la Frontera

En Jerez de la Frontera tan solo se cifró un dato de niebla, por lo que, aunque sí se representan todos los indicadores, hay que tener esto en cuenta. En todas las salidas, salvo en la de las 12 UTC de HARMONIE, se dieron falsas alarmas, como se puede comprobar en la figura 6.73. Además, este único episodio de niebla no se acertó en ninguna de las salidas de HARMONIE, ni en ECMWF considerando solo nubes bajas.

La bruma está, por lo general, sobrestimada en ECMWF, y subestimada en HARMONIE, salvo en la salida de las 12 UTC. Las falsas alarmas, como se podría esperar, más frecuentes en el modelo del Centro Europeo y en la pasada de HARMONIE sobrestimada.

Teniendo en cuenta tanto fallos como falsas alarmas, ECMWF con mezcla de nubes y HARMONIE obtienen unos resultados muy similares, aunque en ninguno se consigue $T.S > 0.2$. Los peores resultados se obtienen en las dos pasadas de ECMWF que solo consideran nubes bajas, donde no se ha conseguido ningún acierto.

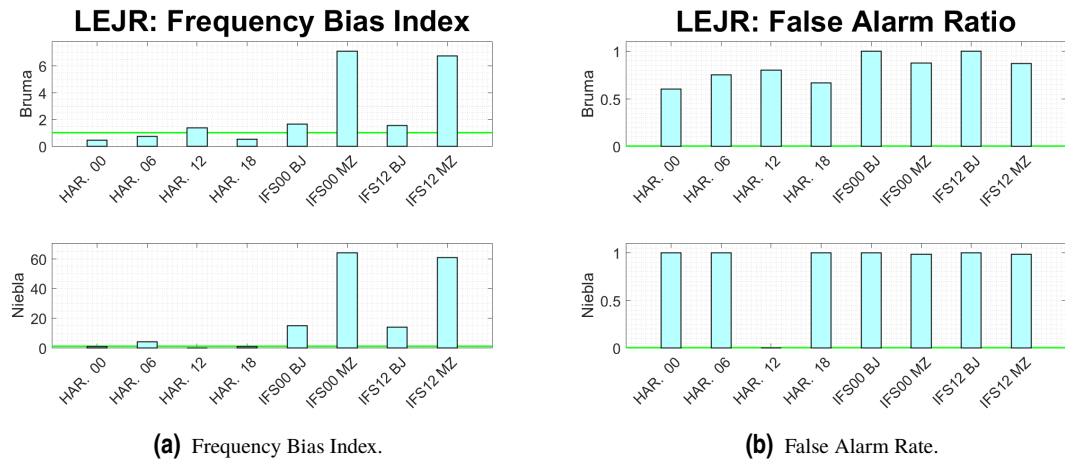
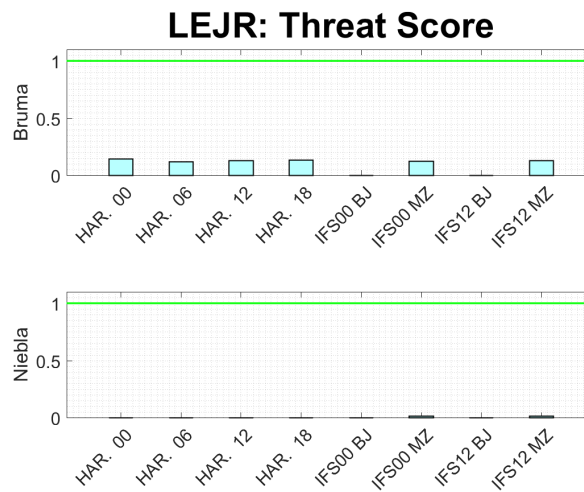
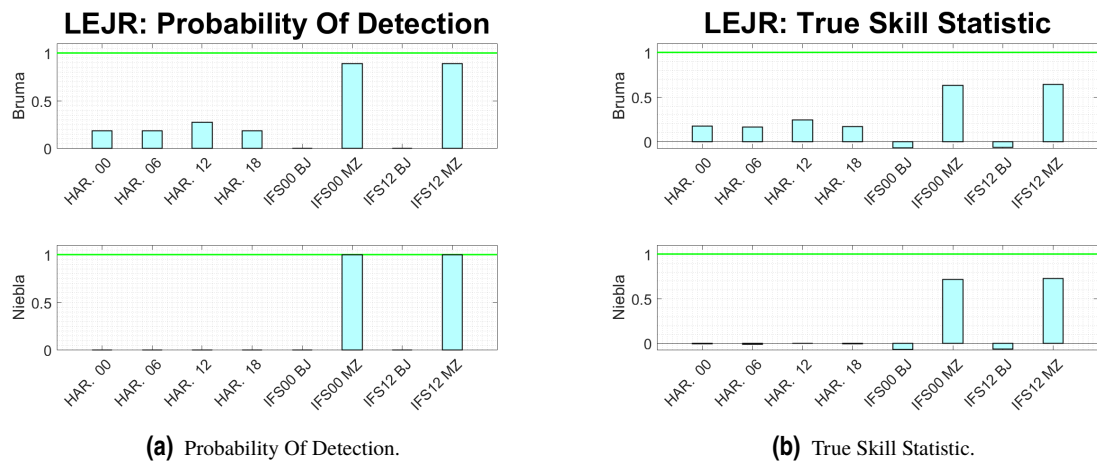


Figura 6.73 F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.



(c) Threat Score.

Figura 6.74 P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

Conclusiones

Para comparar el comportamiento de los modelos, se muestra en la figura 6.75 el *Threat Score* para los diferentes aeropuertos.

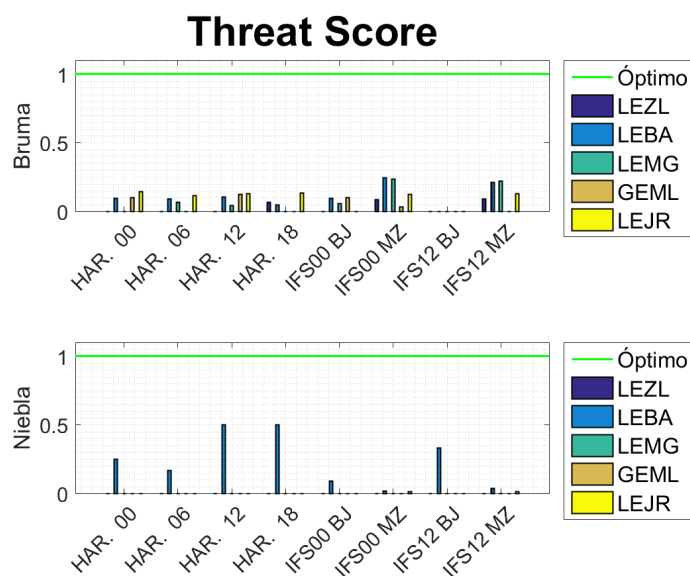


Figura 6.75 Threat Score para los cinco aeropuertos.

Los resultados son, en general, muy bajos para la bruma, en ningún caso se alcanza $T.S = 0.3$. El Centro Europeo con nubes mezcla consigue resultados ligeramente superiores al resto en los aeropuertos de Córdoba y Málaga, aunque, como se comentó en el análisis anterior, esto se debe al gran número de reducciones de visibilidad debidas a precipitaciones. En HARMONIE, sin embargo, se obtienen mejores resultados para el Aeropuerto de Jerez.

En la predicción de la visibilidad, HARMONIE, en sus salidas de las 12 UTC y las 18 UTC, consigue un *Threat Score* de 0.5, resultado muy bueno teniendo en cuenta los resultados de los demás aeropuertos. Es difícil realizar una comparación para la predicción de nieblas, ya que en la mayoría de aeropuertos no se produjeron. Por este motivo, resulta interesante comparar el número de falsas alarmas producidas en cada aeropuerto y modelo, por lo que se han representado en la figura 6.76.

Lo primero que se observa es que, en el modelo del Centro Europeo con nubes mezcla, se obtiene un número mucho mayor de falsas alarmas, ya que pueden darse muchas situaciones en la que este tipo de nubes no vengán acompañadas de reducciones de visibilidad. En estas salidas, se obtiene menor número de falsas alarmas, tanto en bruma como en niebla, en Málaga y Melilla, los aeropuertos del Mar de Alborán.

Para ver con mayor claridad el número de falsas alarmas en las salidas de HARMONIE, se ha representado la figura 6.77,

Por lo general, tanto en brumas como en nieblas, el Aeropuerto de Córdoba es el que menor número de falsas alarmas consigue, exceptuando la salida de las 00 UTC para brumas, donde Jerez de la Frontera obtiene menos falsas alarmas. Tan solo se obtuvieron falsas alarmas de nieblas en este aeropuerto en la salida de las 06 UTC.

De los resultados de brumas, en Málaga es donde, por norma general, se da un número de falsas alarmas mayor. En el caso de las nieblas, es en Melilla donde se dan más falsas alarmas, en todas las salidas de HARMONIE, seguido por Málaga. Lo que parece confirmar que HARMONIE exagera las reducciones de visibilidad en el Mar de Alborán.

En Jerez de la Frontera también se dan muchas falsas alarmas, aunque varían más entre las distintas pasadas de HARMONIE. En Sevilla, durante el tiempo estudiado, no se ha producido ninguna falsa alarma de niebla, aunque sí se han producido bastantes de brumas.

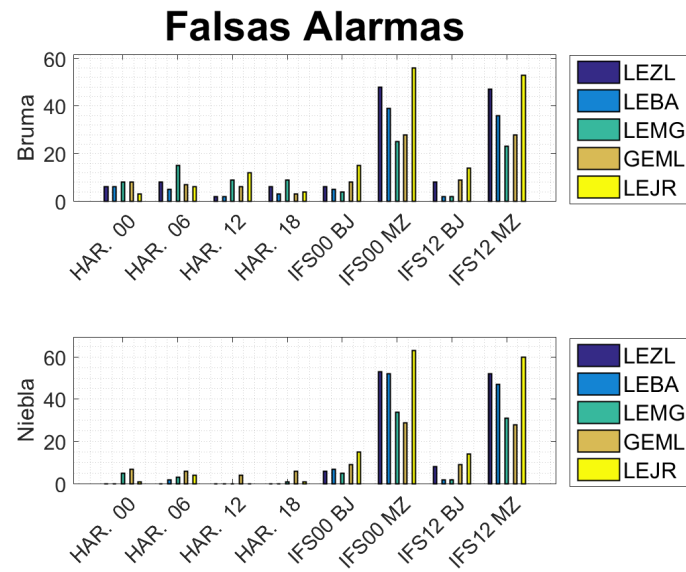


Figura 6.76 Falsas alarmas para los cinco aeropuertos.

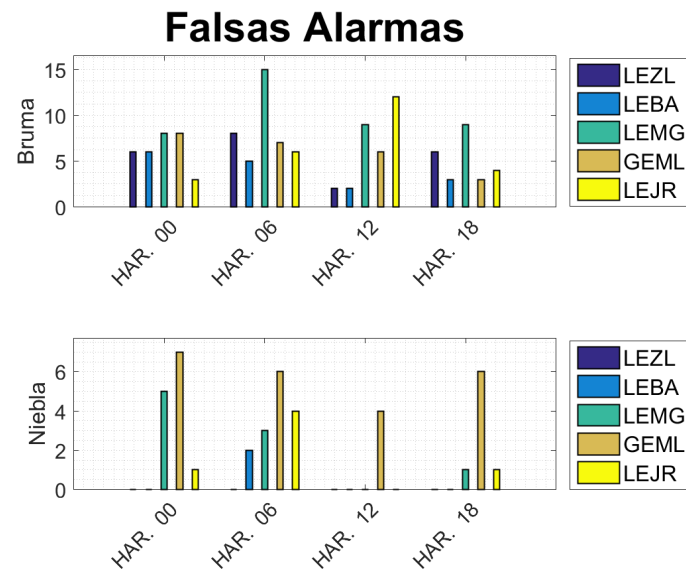


Figura 6.77 Falsas alarmas en HARMONIE para los cinco aeropuertos.

7 Conclusiones generales y trabajo futuro

En estos análisis se ha comprobado que, tanto la precipitación como la visibilidad, son fenómenos difíciles de predecir, incluso con muy pocas horas de antelación.

En el caso de la precipitación, el *Threat Score*, que es la tasa que mejor indica cómo ha sido el funcionamiento de un modelo, toma, como máximo, valores que rondan $T.S = 0.6$. En general, para el periodo de lluvias analizado el modelo del ECMWF ha conseguido mejores resultados que HARMONIE. Además, también los modelos disponibles en la página web de AEMET han conseguido, en general, resultados superiores a los de HARMONIE, aunque en los análisis realizados se utilizan criterios diferentes, por lo que no es posible realizar una comparación entre los modelos de dominio público y los modelos analizados en AEMET. Sería interesante realizar estudios de más fechas en las que se produjeran lluvias, para poder determinar con mayor precisión si hay un modelo que funcione mejor que otro, o si no hay una tendencia clara.

Del estudio de la precipitación por horas con los datos privados de AEMET, hay que destacar que no se cumple que el modelo ECMWF subestime como norma general las precipitaciones por la tarde, aunque esta era la sensación que se tenía en el GPV. Esto puede deberse al reciente aumento de resolución de este modelo, o simplemente, puede que en este periodo no sucediera, pero que en otros sí.

La conclusión a la que se ha llegado en este análisis es que parece que, como es lógico, la salida del modelo que realiza la predicción con mayor antelación es la que menos acierta. Sin embargo, en el caso opuesto no se ha encontrado ninguna relación, no es, por norma general, la salida que realiza la predicción con menor antelación la que mejores resultados obtiene.

Con los datos de dominio público, se ha podido comprobar que, durante este periodo de lluvias, las precipitaciones de leve intensidad son las más difíciles de predecir. También se obtienen peores resultados para las lluvias muy intensas, mientras que para intensidades intermedias, los resultados, en general, mejoran.

Si se tiene en cuenta tanto la zona como la intensidad de la precipitación, para precipitaciones de entre 3mm y 12mm se obtienen mejores resultados en las zonas costeras, mientras que para el resto de intensidades, se consiguen tasas de acierto mayores en las zonas de valle. Las zonas de sierra son las que obtienen, en todos los niveles, resultados inferiores. Sin embargo, si no se tienen en cuenta la cantidad de precipitación acumulada, eran las zonas de sierra las que obtenían mejores resultados, es decir, los modelos predecían unas precipitaciones en estos lugares que sí ocurrían, pero no con la intensidad esperada. Esto es lógico dado que los modelos deben tener en cuenta la orografía del terreno para resolver las ecuaciones, y es de esperar que funcionen mejor en las zonas donde la orografía es menos complicada.

En lo que respecta a la visibilidad, los resultados son peores que los de la precipitación. Aunque el ECMWF, teniendo en cuenta nubes mezcla, conseguía resultados ligeramente mejores, la sobrestimación es muy grande, y llevaría a muchos errores utilizar esta salida para predecir reducciones de visibilidad. Guiándose por la salida de nubes bajas, en la mayoría de los casos, se obtendrían resultados incluso peores que con mezcla de nubes. No obstante, durante el periodo estudiado se dieron muchas reducciones de visibilidad debidas a precipitaciones, acompañadas de nubes de desarrollo vertical, es decir, mezcla de nubes, por lo que sería interesante estudiar la correspondencia de estas salidas de ECMWF (nubes bajas o mezcla de nubes) con la reducción de visibilidad, teniendo en cuenta si estas reducciones son debidas a precipitaciones o a brumas y nieblas. La salida del ECMWF que debería tener una correspondencia con las brumas y nieblas es la de nubes bajas, aunque en este periodo no se cumpla debido a las precipitaciones.

En HARMONIE, se puede confirmar que en el Mar de Alborán, al menos en los aeropuertos de Melilla y Málaga, se exageran las reducciones de visibilidad. Además, sobre todo en Melilla, es frecuente que HARMONIE espere reducciones por debajo de 1000m, que no se cumplan. Sin embargo, en Jerez de la

Frontera también se tienden a sobrestimar las reducciones de visibilidad, aunque no se encuentre en el Mar de Alborán.

Para poder afirmar con seguridad que la sobrestimación en el Mar de Alborán se produce sistemáticamente, sería conveniente ampliar, además del periodo de estudio, el número de puntos de recogida de datos, incluyendo aeropuertos como el de Almería, y también datos de estaciones meteorológicas de la zona.

Todas estas conclusiones, pueden resultar de gran utilidad para las labores diarias de los predictores de AEMET, ya que les puede ayudar a decidir en que medida "fiarse" de los resultados de un modelo u otro. Sin embargo, como ya se ha mencionado en alguna ocasión, este trabajo abarca un periodo de estudio corto, por lo que sería muy conveniente extenderlo con una muestra de datos mucho mayor. Para esto puede resultar de gran utilidad la automatización de la descarga de datos, ya que permitiría acumular gran cantidad y variedad de información, para su posterior análisis en futuras investigaciones o Proyectos de Fin de Grado.

Apéndice A

Tablas

A.1 Precipitación

A.1.1 Análisis por horas

Aeropuerto de Sevilla

Tabla A.1 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Sevilla de 01UTC a 06UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | H00 PCP 2H | H06 PCP 2H | H12 PCP 2H | H18 PCP 2H | IFS00 PCP 3H | IFS12 PCP 3H |
| Aciertos | 6 | 4 | 7 | 6 | 9 | 11 |
| Falsas alarmas | 5 | 2 | 2 | 5 | 0 | 1 |
| Fallos | 3 | 4 | 2 | 3 | 5 | 3 |
| Negativos correctos | 91 | 89 | 94 | 85 | 49 | 48 |
| PC | 0,92 | 0,94 | 0,96 | 0,92 | 0,92 | 0,94 |
| POD | 0,67 | 0,50 | 0,78 | 0,67 | 0,64 | 0,77 |
| POFD | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,02 |
| TSS | 0,62 | 0,48 | 0,76 | 0,61 | 0,64 | 0,76 |
| FBI | 1,22 | 0,75 | 1,00 | 1,22 | 0,64 | 0,86 |
| FAR | 0,46 | 0,33 | 0,22 | 0,46 | 0,00 | 0,08 |
| TS | 0,43 | 0,40 | 0,64 | 0,43 | 0,64 | 0,73 |

Tabla A.2 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Sevilla de 07UTC a 12UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | H00 PCP 2H | H06 PCP 2H | H12 PCP 2H | H18 PCP 2H | IFS00 PCP 3H | IFS12 PCP 3H |
| Aciertos | 10 | 12 | 7 | 10 | 6 | 6 |
| Falsas alarmas | 4 | 5 | 2 | 5 | 3 | 4 |
| Fallos | 4 | 2 | 6 | 4 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 87 | 83 | 89 | 80 | 54 | 55 |
| PC | 0,92 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,95 | 0,94 |
| POD | 0,71 | 0,86 | 0,54 | 0,71 | 1,00 | 1,00 |
| POFD | 0,04 | 0,06 | 0,02 | 0,06 | 0,05 | 0,07 |
| TSS | 0,67 | 0,80 | 0,52 | 0,66 | 0,95 | 0,93 |
| FBI | 1,00 | 1,21 | 0,69 | 1,07 | 1,50 | 1,67 |
| FAR | 0,29 | 0,29 | 0,22 | 0,33 | 0,33 | 0,40 |
| TS | 0,56 | 0,63 | 0,47 | 0,53 | 0,67 | 0,60 |

Tabla A.3 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Sevilla de 13UTC a 18UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | H00 PCP 2H | H06 PCP 2H | H12 PCP 2H | H18 PCP 2H | IFS00 PCP 3H | IFS12 PCP 3H |
| Aciertos | 9 | 10 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| Falsas alarmas | 5 | 4 | 5 | 1 | 6 | 4 |
| Fallos | 7 | 6 | 9 | 10 | 1 | 1 |
| Negativos correctos | 84 | 82 | 84 | 81 | 51 | 55 |
| PC | 0,89 | 0,90 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 0,92 |
| POD | 0,56 | 0,63 | 0,44 | 0,38 | 0,86 | 0,86 |
| POFD | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,01 | 0,11 | 0,07 |
| TSS | 0,51 | 0,58 | 0,38 | 0,36 | 0,75 | 0,79 |
| FBI | 0,88 | 0,88 | 0,75 | 0,44 | 1,71 | 1,43 |
| FAR | 0,36 | 0,29 | 0,42 | 0,14 | 0,50 | 0,40 |
| TS | 0,43 | 0,50 | 0,33 | 0,35 | 0,46 | 0,55 |

Tabla A.4 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Sevilla de 19UTC a 00UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | H00 PCP 2H | H06 PCP 2H | H12 PCP 2H | H18 PCP 2H | IFS00 PCP 3H | IFS12 PCP 3H |
| Aciertos | 2 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 |
| Falsas alarmas | 4 | 7 | 5 | 6 | 0 | 1 |
| Fallos | 7 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| Negativos correctos | 91 | 85 | 90 | 83 | 52 | 51 |
| PC | 0,89 | 0,89 | 0,91 | 0,90 | 0,92 | 0,91 |
| POD | 0,22 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,62 | 0,62 |
| POFD | 0,04 | 0,08 | 0,05 | 0,07 | 0,00 | 0,02 |
| TSS | 0,18 | 0,48 | 0,50 | 0,49 | 0,62 | 0,60 |
| FBI | 0,67 | 1,33 | 1,11 | 1,22 | 0,62 | 0,69 |
| FAR | 0,67 | 0,58 | 0,50 | 0,55 | 0,00 | 0,11 |
| TS | 0,15 | 0,31 | 0,56 | 0,33 | 0,62 | 0,57 |

Aeropuerto de Córdoba

Tabla A.5 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Córdoba de 01UTC a 06UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 6 |
| Falsas alarmas | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 8 |
| Fallos | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| Negativos correctos | 35 | 31 | 36 | 33 | 46 | 40 |
| PC | 0,92 | 0,94 | 0,95 | 0,92 | 0,93 | 0,85 |
| POD | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,83 | 1,00 |
| POFD | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,17 |
| TSS | 0,31 | 0,33 | 0,33 | 0,30 | 0,77 | 0,83 |
| FBI | 0,67 | 0,33 | 0,33 | 0,67 | 1,33 | 2,33 |
| FAR | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,37 | 0,57 |
| TS | 0,25 | 0,33 | 0,33 | 0,25 | 0,56 | 0,43 |

Tabla A.6 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Córdoba de 07UTC a 12UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 8 | 6 | 3 | 8 | 4 | 5 |
| Falsas alarmas | 3 | 4 | 1 | 3 | 1 | 4 |
| Fallos | 5 | 7 | 9 | 5 | 1 | 0 |
| Negativos correctos | 89 | 85 | 91 | 83 | 37 | 36 |
| PC | 0,92 | 0,89 | 0,90 | 0,92 | 0,95 | 0,91 |
| POD | 0,62 | 0,46 | 0,25 | 0,62 | 0,80 | 1,00 |
| POFD | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,10 |
| TSS | 0,58 | 0,42 | 0,24 | 0,58 | 0,77 | 0,90 |
| FBI | 0,85 | 0,77 | 0,33 | 0,85 | 1,00 | 1,80 |
| FAR | 0,27 | 0,40 | 0,25 | 0,27 | 0,20 | 0,44 |
| TS | 0,50 | 0,35 | 0,23 | 0,50 | 0,67 | 0,56 |

Tabla A.7 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Córdoba de 13UTC a 18UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | H00 PCP 2H | H06 PCP 2H | H12 PCP 2H | H18 PCP 2H | IFS00 PCP 3H | IFS12 PCP 3H |
| Aciertos | 9 | 9 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| Falsas alarmas | 7 | 6 | 12 | 4 | 4 | 3 |
| Fallos | 2 | 2 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 87 | 85 | 82 | 84 | 34 | 36 |
| PC | 0,91 | 0,92 | 0,84 | 0,91 | 0,91 | 0,93 |
| POD | 0,82 | 0,82 | 0,55 | 0,50 | 1,00 | 1,00 |
| POFD | 0,07 | 0,07 | 0,13 | 0,05 | 0,11 | 0,08 |
| TSS | 0,74 | 0,75 | 0,42 | 0,46 | 0,90 | 0,92 |
| FBI | 1,46 | 1,36 | 1,64 | 0,90 | 1,80 | 1,60 |
| FAR | 0,44 | 0,40 | 0,67 | 0,44 | 0,44 | 0,38 |
| TS | 0,50 | 0,53 | 0,26 | 0,36 | 0,56 | 0,63 |

Tabla A.8 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Córdoba de 19UTC a 00UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | H00 PCP 2H | H06 PCP 2H | H12 PCP 2H | H18 PCP 2H | IFS00 PCP 3H | IFS12 PCP 3H |
| Aciertos | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | 5 |
| Falsas alarmas | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 5 |
| Fallos | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| Negativos correctos | 32 | 33 | 33 | 32 | 46 | 44 |
| PC | 0,87 | 0,94 | 0,92 | 0,94 | 0,89 | 0,88 |
| POD | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,57 | 0,71 |
| POFD | 0,11 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,10 |
| TSS | -0,11 | 0,94 | 0,92 | 0,94 | 0,51 | 0,61 |
| FBI | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 1,00 | 1,43 |
| FAR | 1,00 | 0,67 | 0,75 | 0,67 | 0,43 | 0,50 |
| TS | 0,00 | 0,33 | 0,25 | 0,33 | 0,40 | 0,48 |

Aeropuerto de Melilla

Tabla A.9 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Melilla de 01UTC a 06UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Falsas alarmas | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| Fallos | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Negativos Correctos | 67 | 64 | 67 | 63 | 46 | 46 |
| PC | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,94 | 0,94 |
| POD | 0,67 | 0,33 | 0,67 | 0,67 | 0,40 | 0,40 |
| POFD | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| TSS | 0,64 | 0,32 | 0,64 | 0,64 | 0,40 | 0,40 |
| FBI | 1,33 | 0,67 | 1,33 | 1,33 | 0,40 | 0,40 |
| FAR | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,00 | 0,00 |
| TS | 0,40 | 0,25 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |

Tabla A.10 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Melilla de 07UTC a 12UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| Falsas alarmas | 9 | 9 | 3 | 7 | 3 | 4 |
| Fallos | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 |
| Negativos Correctos | 89 | 86 | 94 | 85 | 40 | 41 |
| PC | 0,88 | 0,87 | 0,93 | 0,89 | 0,89 | 0,87 |
| POD | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,00 | 0,00 |
| POFD | 0,09 | 0,09 | 0,03 | 0,08 | 0,07 | 0,09 |
| TSS | 0,34 | 0,33 | 0,40 | 0,35 | -0,07 | -0,09 |
| FBI | 1,71 | 1,71 | 0,86 | 1,43 | 1,50 | 2,00 |
| FAR | 0,75 | 0,75 | 0,50 | 0,70 | 1,00 | 1,00 |
| TS | 0,19 | 0,19 | 0,30 | 0,21 | 0,00 | 0,00 |

Tabla A.11 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Melilla de 13UTC a 18UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| Falsas alarmas | 7 | 8 | 8 | 7 | 2 | 0 |
| Fallos | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 1 |
| Negativos Correctos | 90 | 86 | 89 | 83 | 38 | 41 |
| PC | 0,90 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,91 | 0,98 |
| POD | 0,50 | 0,38 | 0,25 | 0,13 | 0,33 | 0,67 |
| POFD | 0,07 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | 0,00 |
| TSS | 0,43 | 0,29 | 0,17 | 0,05 | 0,28 | 0,67 |
| FBI | 1,38 | 1,38 | 1,25 | 1,00 | 1,00 | 0,67 |
| FAR | 0,64 | 0,73 | 0,80 | 0,88 | 0,67 | 0,00 |
| TS | 0,27 | 0,19 | 0,13 | 0,07 | 0,20 | 0,67 |

Tabla A.12 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Melilla de 19UTC a 00UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 0 | 2 | 1 | 2 | 7 | 6 |
| Falsas alarmas | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 |
| Fallos | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| Negativos Correctos | 36 | 35 | 36 | 35 | 41 | 43 |
| PC | 0,92 | 0,97 | 0,95 | 0,97 | 0,91 | 0,92 |
| POD | 0,00 | 0,67 | 0,33 | 0,67 | 0,88 | 0,75 |
| POFD | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,04 |
| TSS | 0,00 | 0,67 | 0,33 | 0,67 | 0,79 | 0,71 |
| FBI | 0,00 | 0,67 | 0,33 | 0,67 | 1,38 | 1,00 |
| FAR | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,25 |
| TS | 0,00 | 0,67 | 0,33 | 0,67 | 0,58 | 0,60 |

Aeropuerto de de Málaga

Tabla A.13 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Málaga de 01UTC a 06UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 6 |
| Falsas alarmas | 7 | 2 | 2 | 10 | 4 | 4 |
| Fallos | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| Negativos Correctos | 94 | 93 | 99 | 85 | 52 | 52 |
| PC | 0,91 | 0,95 | 0,95 | 0,87 | 0,90 | 0,92 |
| POD | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,71 | 0,86 |
| POFD | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,11 | 0,07 | 0,07 |
| TSS | 0,43 | 0,23 | 0,23 | 0,14 | 0,64 | 0,79 |
| FBI | 2,25 | 0,75 | 0,75 | 2,75 | 1,29 | 1,43 |
| FAR | 0,78 | 0,67 | 0,67 | 0,91 | 0,44 | 0,40 |
| TS | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,07 | 0,45 | 0,55 |

Tabla A.14 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Málaga de 07UTC a 12UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 10 | 10 | 4 | 7 | 6 | 6 |
| Falsas alarmas | 6 | 7 | 2 | 6 | 3 | 3 |
| Fallos | 3 | 3 | 8 | 6 | 1 | 1 |
| Negativos Correctos | 86 | 82 | 90 | 80 | 53 | 55 |
| PC | 0,91 | 0,90 | 0,90 | 0,88 | 0,94 | 0,94 |
| POD | 0,77 | 0,77 | 0,33 | 0,54 | 0,86 | 0,86 |
| POFD | 0,07 | 0,08 | 0,02 | 0,07 | 0,05 | 0,05 |
| TSS | 0,70 | 0,69 | 0,31 | 0,47 | 0,80 | 0,81 |
| FBI | 1,23 | 1,31 | 0,50 | 1,00 | 1,29 | 1,29 |
| FAR | 0,38 | 0,41 | 0,33 | 0,46 | 0,33 | 0,33 |
| TS | 0,53 | 0,50 | 0,29 | 0,37 | 0,60 | 0,60 |

Tabla A.15 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Málaga de 13UTC a 18UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| Falsas alarmas | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Fallos | 6 | 7 | 7 | 6 | 2 | 2 |
| Negativos Correctos | 93 | 89 | 91 | 86 | 55 | 57 |
| PC | 0,93 | 0,91 | 0,90 | 0,93 | 0,95 | 0,95 |
| POD | 0,45 | 0,36 | 0,36 | 0,45 | 0,75 | 0,75 |
| POFD | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| TSS | 0,44 | 0,34 | 0,33 | 0,44 | 0,73 | 0,73 |
| FBI | 0,55 | 0,55 | 0,64 | 0,55 | 0,88 | 0,88 |
| FAR | 0,17 | 0,33 | 0,43 | 0,17 | 0,14 | 0,14 |
| TS | 0,42 | 0,31 | 0,29 | 0,42 | 0,67 | 0,67 |

Tabla A.16 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Málaga de 19UTC a 00UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 5 |
| Falsas alarmas | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| Fallos | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 |
| Negativos Correctos | 97 | 95 | 99 | 93 | 56 | 55 |
| PC | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,96 | 0,91 | 0,92 |
| POD | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,20 | 0,43 | 0,71 |
| POFD | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,05 |
| TSS | 0,19 | 0,39 | 0,40 | 0,20 | 0,39 | 0,66 |
| FBI | 0,40 | 0,60 | 0,40 | 0,20 | 0,71 | 1,14 |
| FAR | 0,50 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,38 |
| TS | 0,17 | 0,33 | 0,40 | 0,20 | 0,33 | 0,50 |

Aeropuerto de Jerez de la Frontera

Tabla A.17 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Jerez de la Frontera de 01UTC a 06UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 6 | 3 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| Falsas alarmas | 11 | 5 | 3 | 7 | 5 | 5 |
| Fallos | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Negativos Correctos | 86 | 86 | 94 | 84 | 49 | 49 |
| PC | 0,88 | 0,91 | 0,95 | 0,91 | 0,89 | 0,89 |
| POD | 0,75 | 0,43 | 0,75 | 0,75 | 0,78 | 0,78 |
| POFD | 0,11 | 0,05 | 0,03 | 0,08 | 0,09 | 0,09 |
| TSS | 0,64 | 0,37 | 0,72 | 0,67 | 0,69 | 0,69 |
| FBI | 2,13 | 1,14 | 1,13 | 1,63 | 1,33 | 1,33 |
| FAR | 0,65 | 0,63 | 0,33 | 0,54 | 0,42 | 0,42 |
| TS | 0,32 | 0,25 | 0,55 | 0,40 | 0,50 | 0,50 |

Tabla A.18 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Frontera de 07UTC a 12UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H00 | H06 | H12 | H18 | IFS00 | IFS12 |
| | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 2H | PCP 3H | PCP 3H |
| Aciertos | 9 | 8 | 5 | 6 | 5 | 6 |
| Falsas alarmas | 5 | 7 | 5 | 3 | 3 | 1 |
| Fallos | 5 | 6 | 9 | 8 | 1 | 0 |
| Negativos Correctos | 86 | 81 | 85 | 82 | 44 | 48 |
| PC | 0,90 | 0,87 | 0,87 | 0,89 | 0,92 | 0,98 |
| POD | 0,64 | 0,57 | 0,36 | 0,43 | 0,83 | 1,00 |
| POFD | 0,05 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,02 |
| TSS | 0,59 | 0,49 | 0,30 | 0,39 | 0,77 | 0,98 |
| FBI | 1,00 | 1,07 | 0,71 | 0,64 | 1,33 | 1,17 |
| FAR | 0,36 | 0,47 | 0,50 | 0,33 | 0,38 | 0,14 |
| TS | 0,47 | 0,38 | 0,26 | 0,35 | 0,56 | 0,86 |

Tabla A.19 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Jerez de la Frontera de 13UTC a 18UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | H00 PCP 2H | H06 PCP 2H | H12 PCP 2H | H18 PCP 2H | IFS00 PCP 3H | IFS12 PCP 3H |
| Aciertos | 4 | 6 | 5 | 3 | 7 | 7 |
| Falsas alarmas | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| Fallos | 6 | 4 | 5 | 7 | 1 | 1 |
| Negativos correctos | 93 | 90 | 91 | 86 | 43 | 45 |
| PC | 0,92 | 0,94 | 0,91 | 0,91 | 0,93 | 0,95 |
| POD | 0,40 | 0,60 | 0,50 | 0,30 | 0,88 | 0,88 |
| POFD | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,07 | 0,04 |
| TSS | 0,38 | 0,58 | 0,46 | 0,28 | 0,81 | 0,83 |
| FBI | 0,60 | 0,80 | 0,90 | 0,50 | 1,25 | 1,13 |
| FAR | 0,33 | 0,25 | 0,44 | 0,40 | 0,30 | 0,22 |
| TS | 0,33 | 0,50 | 0,36 | 0,25 | 0,64 | 0,70 |

Tabla A.20 Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Jerez de la Frontera de 19UTC a 00UTC.

| | HARMONIE | | | | ECMWF | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | H00 PCP 2H | H06 PCP 2H | H12 PCP 2H | H18 PCP 2H | IFS00 PCP 3H | IFS12 PCP 3H |
| Aciertos | 1 | 2 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| Falsas alarmas | 0 | 4 | 3 | 2 | 4 | 6 |
| Fallos | 6 | 5 | 6 | 6 | 1 | 1 |
| Negativos correctos | 63 | 57 | 60 | 57 | 45 | 43 |
| PC | 0,91 | 0,87 | 0,87 | 0,88 | 0,91 | 0,88 |
| POD | 0,14 | 0,29 | 0,14 | 0,14 | 0,86 | 0,86 |
| POFD | 0,00 | 0,07 | 0,05 | 0,03 | 0,08 | 0,12 |
| TSS | 0,14 | 0,22 | 0,10 | 0,11 | 0,78 | 0,73 |
| FBI | 0,14 | 0,86 | 0,57 | 0,43 | 1,43 | 1,71 |
| FAR | 0,00 | 0,67 | 0,75 | 0,67 | 0,40 | 0,50 |
| TS | 0,14 | 0,18 | 0,10 | 0,11 | 0,55 | 0,46 |

A.2 Visibilidad

Aeropuerto de Sevilla

Tabla A.21 Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Sevilla .

| | HARMONIE | | | | | | | | | | | |
|------|----------|---------|------|--------|--------|------------|-------|--------|------|---------|--------|------------|
| | H00 | | | | | | H06 | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 |
| PC | 0,96 | 0,94 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 0,90 | 0,96 | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 0,88 |
| POD | 0,00 | 0,00 | - | - | 0,14 | 0,46 | 0,00 | 0,33 | - | - | 0,18 | 0,43 |
| POFD | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,09 |
| TSS | -0,02 | -0,04 | - | - | 0,11 | 0,39 | -0,02 | 0,28 | - | - | 0,14 | 0,34 |
| FBI | 0,67 | 1,78 | - | - | 0,54 | 1,43 | 0,89 | 2,67 | - | - | 0,64 | 1,57 |
| FAR | 1,00 | 1,00 | - | 1,00 | 0,73 | 0,68 | 1,00 | 0,88 | - | - | 0,72 | 0,73 |
| TS | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | 0,10 | 0,24 | 0,00 | 0,10 | - | - | 0,12 | 0,20 |

Tabla A.22 Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Sevilla .

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|---------|------|--------|--------|------------|------|--------|------|---------|--------|------------|
| | H12 | | | | | | H18 | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 |
| Aciertos | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 14 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 9 |
| Falsas alarmas | 2 | 6 | 0 | 0 | 8 | 25 | 6 | 17 | 0 | 0 | 12 | 30 |
| Fallos | 9 | 9 | 0 | 0 | 21 | 14 | 8 | 7 | 0 | 0 | 25 | 19 |
| Negativos correctos | 408 | 404 | 419 | 419 | 383 | 366 | 380 | 369 | 395 | 395 | 355 | 337 |
| PC | 0,97 | 0,96 | 1,00 | 1,00 | 0,93 | 0,91 | 0,96 | 0,94 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 0,88 |
| POD | 0,00 | 0,00 | - | - | 0,25 | 0,50 | 0,11 | 0,22 | - | - | 0,11 | 0,32 |
| POFD | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,08 |
| TSS | 0,00 | -0,01 | - | - | 0,23 | 0,44 | 0,10 | 0,18 | - | - | 0,07 | 0,24 |
| FBI | 0,22 | 0,67 | - | - | 0,54 | 1,39 | 0,78 | 2,11 | - | - | 0,54 | 1,39 |
| FAR | 1,00 | 1,00 | - | - | 0,53 | 0,64 | 0,86 | 0,89 | - | - | 0,80 | 0,77 |
| TS | 0,00 | 0,00 | - | - | 0,19 | 0,26 | 0,07 | 0,08 | - | - | 0,08 | 0,16 |

Tabla A.23 Datos de visibilidad del ECMWF para el Aeropuerto de Sevilla: análisis general.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 |
| Aciertos | 1 | 2 | 14 | 19 | 1 | 3 | 13 | 19 |
| Falsas alarmas | 5 | 14 | 39 | 64 | 7 | 15 | 39 | 63 |
| Fallos | 20 | 19 | 7 | 2 | 20 | 20 | 8 | 2 |
| Negativos correctos | 229 | 220 | 195 | 229 | 231 | 221 | 191 | 167 |
| PC | 0,90 | 0,87 | 0,82 | 0,79 | 0,90 | 0,86 | 0,81 | 0,74 |
| POD | 0,05 | 0,10 | 0,67 | 0,90 | 0,05 | 0,13 | 0,62 | 0,90 |
| POFD | 0,02 | 0,06 | 0,17 | 0,22 | 0,03 | 0,06 | 0,17 | 0,27 |
| TSS | 0,03 | 0,04 | 0,50 | 0,69 | 0,02 | 0,07 | 0,45 | 0,63 |
| FBI | 0,29 | 0,76 | 2,52 | 3,95 | 0,38 | 0,78 | 2,48 | 3,90 |
| FAR | 0,83 | 0,88 | 0,74 | 0,77 | 0,88 | 0,83 | 0,75 | 0,77 |
| TS | 0,04 | 0,06 | 0,23 | 0,22 | 0,04 | 0,08 | 0,22 | 0,23 |

Tabla A.24 Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Sevilla: análisis bruma/niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Falsas alarmas | 6 | 14 | 6 | 16 | 8 | 18 | 8 | 20 |
| Fallos | 9 | 19 | 0 | 0 | 9 | 19 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 240 | 220 | 249 | 0 | 242 | 220 | 251 | 239 |
| PC | 0,94 | 0,87 | 0,98 | 0,00 | 0,93 | 0,86 | 0,97 | 0,92 |
| POD | 0,00 | 0,10 | - | - | 0,00 | 0,10 | - | - |
| POFD | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 1,00 | 0,03 | 0,08 | 0,03 | 0,08 |
| TSS | -0,02 | 0,04 | - | - | -0,03 | 0,02 | - | - |
| FBI | 0,67 | 0,76 | - | - | 0,89 | 0,95 | - | - |
| FAR | 1,00 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| TS | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |

Tabla A.25 Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Sevilla: análisis bruma/-niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 5 | 2 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 |
| Falsas alarmas | 48 | 14 | 53 | 16 | 47 | 18 | 52 | 20 |
| Fallos | 4 | 19 | 0 | 0 | 4 | 19 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 198 | 220 | 202 | 0 | 195 | 212 | 199 | 231 |
| PC | 0,80 | 0,87 | 0,79 | 0,00 | 0,80 | 0,85 | 0,79 | 0,92 |
| POD | 0,56 | 0,10 | - | - | 0,56 | 0,10 | - | - |
| POFD | 0,20 | 0,06 | 0,21 | 1,00 | 0,19 | 0,08 | 0,21 | 0,08 |
| TSS | 0,36 | 0,04 | - | - | 0,36 | 0,02 | - | - |
| FBI | 5,89 | 0,76 | - | - | 5,78 | 0,95 | - | - |
| FAR | 0,91 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| TS | 0,09 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |

Aeropuerto de Córdoba**Tabla A.26** Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Córdoba .

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|---------|------|--------|--------|------------|------|--------|------|---------|--------|------------|
| | H00 | | | | | | H06 | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 |
| Aciertos | 2 | 5 | 1 | 1 | 8 | 14 | 2 | 5 | 1 | 1 | 8 | 14 |
| Falsas alarmas | 6 | 16 | 0 | 0 | 6 | 20 | 5 | 13 | 2 | 3 | 7 | 19 |
| Fallos | 13 | 10 | 3 | 3 | 17 | 11 | 15 | 12 | 3 | 3 | 20 | 14 |
| Negativos correctos | 255 | 245 | 274 | 274 | 247 | 233 | 243 | 234 | 263 | 262 | 234 | 222 |
| PC | 0,93 | 0,91 | 0,99 | 0,99 | 0,92 | 0,89 | 0,92 | 0,91 | 0,98 | 0,98 | 0,90 | 0,88 |
| POD | 0,13 | 0,33 | 0,25 | 0,25 | 0,32 | 0,56 | 0,12 | 0,29 | 0,25 | 0,25 | 0,29 | 0,50 |
| POFD | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,08 |
| TSS | 0,11 | 0,27 | 0,25 | 0,25 | 0,30 | 0,48 | 0,10 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,26 | 0,42 |
| FBI | 0,53 | 1,40 | 0,25 | 0,25 | 0,56 | 1,36 | 0,41 | 1,06 | 0,75 | 1,00 | 0,54 | 1,18 |
| FAR | 0,75 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,59 | 0,71 | 0,72 | 0,67 | 0,75 | 0,47 | 0,58 |
| TS | 0,10 | 0,16 | 0,25 | 0,25 | 0,26 | 0,31 | 0,09 | 0,17 | 0,17 | 0,14 | 0,23 | 0,30 |

Tabla A.27 Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Córdoba .

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|---------|------|--------|--------|------------|------|--------|------|---------|--------|------------|
| | H12 | | | | | | H18 | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 |
| Aciertos | 2 | 3 | 2 | 2 | 8 | 14 | 1 | 3 | 2 | 2 | 9 | 12 |
| Falsas alarmas | 2 | 7 | 0 | 1 | 5 | 18 | 3 | 5 | 0 | 1 | 8 | 23 |
| Fallos | 15 | 14 | 2 | 2 | 20 | 14 | 16 | 14 | 2 | 2 | 19 | 16 |
| Negativos correctos | 265 | 259 | 282 | 281 | 253 | 240 | 248 | 245 | 266 | 265 | 234 | 219 |
| PC | 0,94 | 0,93 | 0,99 | 0,99 | 0,91 | 0,89 | 0,93 | 0,93 | 0,99 | 0,99 | 0,90 | 0,86 |
| POD | 0,12 | 0,18 | 0,50 | 0,50 | 0,29 | 0,50 | 0,06 | 0,18 | 0,50 | 0,50 | 0,32 | 0,43 |
| POFD | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,10 |
| TSS | 0,11 | 0,15 | 0,50 | 0,50 | 0,27 | 0,43 | 0,05 | 0,16 | 0,50 | 0,50 | 0,29 | 0,33 |
| FBI | 0,24 | 0,59 | 0,50 | 0,75 | 0,46 | 1,14 | 0,24 | 0,47 | 0,50 | 0,75 | 0,61 | 1,25 |
| FAR | 0,50 | 0,70 | 0,00 | 0,33 | 0,38 | 0,56 | 0,75 | 0,63 | 0,00 | 0,33 | 0,47 | 0,66 |
| TS | 0,11 | 0,13 | 0,50 | 0,40 | 0,24 | 0,30 | 0,05 | 0,14 | 0,50 | 0,40 | 0,25 | 0,24 |

Tabla A.28 Datos de visibilidad ECMWF del para el Aeropuerto de Córdoba: análisis general.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 |
| Aciertos | 3 | 9 | 18 | 22 | 2 | 10 | 17 | 22 |
| Falsas alarmas | 5 | 18 | 35 | 51 | 2 | 19 | 32 | 50 |
| Fallos | 21 | 15 | 6 | 2 | 22 | 16 | 7 | 2 |
| Negativos correctos | 168 | 155 | 138 | 168 | 173 | 156 | 137 | 119 |
| PC | 0,87 | 0,83 | 0,79 | 0,78 | 0,88 | 0,83 | 0,80 | 0,73 |
| POD | 0,13 | 0,38 | 0,75 | 0,92 | 0,08 | 0,38 | 0,71 | 0,92 |
| POFD | 0,03 | 0,10 | 0,20 | 0,23 | 0,01 | 0,11 | 0,19 | 0,30 |
| TSS | 0,10 | 0,27 | 0,55 | 0,68 | 0,07 | 0,28 | 0,52 | 0,62 |
| FBI | 0,33 | 1,13 | 2,21 | 3,04 | 0,17 | 1,12 | 2,04 | 3,00 |
| FAR | 0,63 | 0,67 | 0,66 | 0,70 | 0,50 | 0,66 | 0,65 | 0,69 |
| TS | 0,10 | 0,21 | 0,31 | 0,29 | 0,08 | 0,22 | 0,30 | 0,30 |

Tabla A.29 Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Córdoba: análisis bruma/niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 2 | 9 | 1 | 0 | 0 | 7 | 2 | 0 |
| Falsas alarmas | 5 | 18 | 7 | 27 | 2 | 16 | 2 | 23 |
| Fallos | 14 | 15 | 3 | 0 | 16 | 17 | 2 | 0 |
| Negativos correctos | 174 | 155 | 186 | 0 | 179 | 159 | 193 | 176 |
| PC | 0,90 | 0,83 | 0,95 | 0,00 | 0,91 | 0,83 | 0,98 | 0,88 |
| POD | 0,13 | 0,38 | 0,25 | - | 0,00 | 0,29 | 0,50 | - |
| POFD | 0,03 | 0,10 | 0,04 | 1,00 | 0,01 | 0,09 | 0,01 | 0,12 |
| TSS | 0,10 | 0,27 | 0,21 | - | -0,01 | 0,20 | 0,49 | - |
| FBI | 0,44 | 1,13 | 2,00 | - | 0,13 | 0,96 | 1,00 | - |
| FAR | 0,71 | 0,67 | 0,88 | 1,00 | 1,00 | 0,70 | 0,50 | 1,00 |
| TS | 0,10 | 0,21 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,33 | 0,00 |

Tabla A.30 Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Córdoba: análisis bruma/niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|-------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 13 | 9 | 1 | 0 | 11 | 7 | 2 | 0 |
| Falsas alarmas | 39 | 18 | 52 | 27 | 36 | 16 | 47 | 23 |
| Fallos | 1 | 15 | 1 | 0 | 5 | 17 | 2 | 0 |
| Negativos correctos | 140 | 155 | 141 | 0 | 139 | 153 | 142 | 170 |
| PC | 0,79 | 0,83 | 0,73 | 0,00 | 0,79 | 0,83 | 0,75 | 0,88 |
| POD | 0,93 | 0,38 | 0,50 | - | 0,69 | 0,29 | 0,50 | - |
| POFD | 0,22 | 0,10 | 0,27 | 1,00 | 0,21 | 0,09 | 0,25 | 0,12 |
| TSS | 0,71 | 0,27 | 0,23 | - | 0,48 | 0,20 | 0,25 | - |
| FBI | 3,71 | 1,13 | 26,50 | - | 2,94 | 0,96 | 12,25 | - |
| FAR | 0,75 | 0,67 | 0,98 | 1,00 | 0,77 | 0,70 | 0,96 | 1,00 |
| TS | 0,25 | 0,21 | 0,02 | 0,00 | 0,21 | 0,18 | 0,04 | 0,00 |

Aeropuerto de Melilla**Tabla A.31** Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Melilla .

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|---------|------|--------|--------|------------|-------|--------|------|---------|--------|------------|
| | H00 | | | | | | H06 | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 |
| Aciertos | 1 | 1 | 0 | 0 | 6 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 |
| Falsas alarmas | 8 | 26 | 7 | 14 | 19 | 40 | 7 | 17 | 6 | 9 | 16 | 33 |
| Fallos | 1 | 1 | 0 | 0 | 15 | 11 | 2 | 2 | 0 | 0 | 16 | 14 |
| Negativos correctos | 295 | 272 | 305 | 298 | 272 | 251 | 288 | 275 | 297 | 294 | 266 | 249 |
| PC | 0,97 | 0,91 | 0,98 | 0,96 | 0,89 | 0,84 | 0,97 | 0,94 | 0,98 | 0,97 | 0,89 | 0,84 |
| POD | 0,50 | 0,50 | - | - | 0,29 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | - | - | 0,24 | 0,33 |
| POFD | 0,03 | 0,09 | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,14 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,12 |
| TSS | 0,47 | 0,41 | - | - | 0,22 | 0,34 | -0,02 | -0,06 | - | - | 0,18 | 0,22 |
| FBI | 4,50 | 13,50 | - | - | 1,19 | 2,38 | 3,50 | 8,50 | - | - | 1,00 | 1,90 |
| FAR | 0,89 | 0,96 | 1,00 | 1,00 | 0,76 | 0,80 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,76 | 0,83 |
| TS | 0,10 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,13 |

Tabla A.32 Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Melilla .

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|---------|------|--------|--------|------------|-------|--------|------|---------|--------|------------|
| | H12 | | | | | | H18 | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 |
| Aciertos | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 9 |
| Falsas alarmas | 6 | 19 | 4 | 7 | 14 | 24 | 3 | 12 | 6 | 11 | 19 | 37 |
| Fallos | 1 | 1 | 0 | 0 | 17 | 13 | 2 | 2 | 0 | 0 | 16 | 12 |
| Negativos correctos | 309 | 297 | 317 | 314 | 286 | 276 | 293 | 283 | 298 | 293 | 264 | 246 |
| PC | 0,98 | 0,94 | 0,99 | 0,98 | 0,90 | 0,88 | 0,98 | 0,95 | 0,98 | 0,96 | 0,88 | 0,88 |
| POD | 0,50 | 0,50 | - | - | 0,19 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | - | - | 0,24 | 0,33 |
| POFD | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,08 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,12 |
| TSS | 0,48 | 0,44 | - | - | 0,14 | 0,30 | -0,01 | -0,04 | - | - | 0,17 | 0,22 |
| FBI | 3,50 | 10,00 | - | - | 0,86 | 1,52 | 1,50 | 6,00 | - | - | 1,14 | 1,90 |
| FAR | 0,86 | 0,95 | 1,00 | 1,00 | 0,78 | 0,75 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,79 | 0,83 |
| TS | 0,13 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,13 |

Tabla A.33 Datos de visibilidad ECMWF del para el Aeropuerto de Melilla: análisis general.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 |
| Aciertos | 3 | 4 | 8 | 13 | 3 | 5 | 7 | 12 |
| Falsas alarmas | 6 | 12 | 21 | 38 | 6 | 13 | 21 | 38 |
| Fallos | 13 | 12 | 8 | 3 | 13 | 13 | 9 | 4 |
| Negativos correctos | 170 | 164 | 155 | 170 | 173 | 165 | 152 | 136 |
| PC | 0,90 | 0,88 | 0,85 | 0,82 | 0,90 | 0,87 | 0,84 | 0,78 |
| POD | 0,19 | 0,25 | 0,50 | 0,81 | 0,19 | 0,28 | 0,44 | 0,75 |
| POFD | 0,03 | 0,07 | 0,12 | 0,18 | 0,03 | 0,07 | 0,12 | 0,22 |
| TSS | 0,15 | 0,18 | 0,38 | 0,63 | 0,15 | 0,20 | 0,32 | 0,53 |
| FBI | 0,56 | 1,00 | 1,81 | 3,19 | 0,56 | 1,00 | 1,75 | 3,13 |
| FAR | 0,67 | 0,75 | 0,72 | 0,75 | 0,67 | 0,72 | 0,75 | 0,76 |
| TS | 0,14 | 0,14 | 0,22 | 0,24 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,22 |

Tabla A.34 Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Melilla: análisis bruma/niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| Falsas alarmas | 8 | 12 | 9 | 16 | 9 | 11 | 9 | 15 |
| Fallos | 1 | 12 | 0 | 0 | 2 | 12 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 182 | 164 | 183 | 0 | 184 | 169 | 186 | 181 |
| PC | 0,95 | 0,88 | 0,95 | 0,00 | 0,94 | 0,88 | 0,95 | 0,92 |
| POD | 0,50 | 0,25 | - | - | 0,00 | 0,25 | - | - |
| POFD | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 1,00 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,08 |
| TSS | 0,46 | 0,18 | - | - | -0,05 | 0,19 | - | - |
| FBI | 4,50 | 1,00 | - | - | 4,50 | 0,94 | - | - |
| FAR | 0,89 | 0,75 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,73 | 1,00 | 1,00 |
| TS | 0,10 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 |

Tabla A.35 Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Melilla: análisis bruma/-niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| Falsas alarmas | 28 | 12 | 29 | 16 | 28 | 11 | 28 | 15 |
| Fallos | 1 | 12 | 0 | 0 | 2 | 12 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 162 | 164 | 163 | 0 | 159 | 163 | 161 | 175 |
| PC | 0,85 | 0,88 | 0,85 | 0,00 | 0,84 | 0,88 | 0,85 | 0,92 |
| POD | 0,50 | 0,25 | - | - | 0,00 | 0,25 | - | - |
| POFD | 0,15 | 0,07 | 0,15 | 1,00 | 0,15 | 0,06 | 0,15 | 0,08 |
| TSS | 0,35 | 0,18 | - | - | -0,15 | 0,19 | - | - |
| FBI | 14,50 | 1,00 | - | - | 14,00 | 0,94 | - | - |
| FAR | 0,97 | 0,75 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,73 | 1,00 | 1,00 |
| TS | 0,03 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 |

Aeropuerto de Málaga**Tabla A.36** Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Málaga.

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|---------|------|--------|--------|------------|------|--------|------|---------|--------|------------|--|
| | H00 | | | | | | H06 | | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 | |
| Aciertos | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 6 | 2 | 5 | 0 | 0 | 8 | 14 | |
| Falsas alarmas | 8 | 18 | 5 | 12 | 21 | 45 | 15 | 32 | 3 | 6 | 22 | 52 | |
| Fallos | 11 | 11 | 0 | 0 | 23 | 22 | 13 | 10 | 0 | 0 | 25 | 19 | |
| Negativos correctos | 383 | 368 | 402 | 395 | 358 | 334 | 362 | 344 | 392 | 389 | 340 | 310 | |
| PC | 0,95 | 0,93 | 0,99 | 0,97 | 0,89 | 0,84 | 0,93 | 0,89 | 0,99 | 0,98 | 0,88 | 0,82 | |
| POD | 0,00 | 0,00 | - | - | 0,18 | 0,21 | 0,13 | 0,33 | - | - | 0,24 | 0,42 | |
| POFD | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,12 | 0,04 | 0,09 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,14 | |
| TSS | -0,02 | -0,05 | - | - | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,25 | - | - | 0,18 | 0,28 | |
| FBI | 0,73 | 1,64 | - | - | 0,93 | 1,82 | 1,13 | 2,47 | - | - | 0,91 | 2,00 | |
| FAR | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,81 | 0,88 | 0,88 | 0,86 | 1,00 | 1,00 | 0,73 | 0,79 | |
| TS | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,16 | |

Tabla A.37 Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Málaga.

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|---------|------|--------|--------|------------|-------|--------|------|---------|--------|------------|--|
| | H12 | | | | | | H18 | | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 | |
| Aciertos | 1 | 2 | 0 | 0 | 5 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | |
| Falsas alarmas | 9 | 22 | 0 | 0 | 17 | 40 | 9 | 18 | 1 | 3 | 21 | 38 | |
| Fallos | 14 | 13 | 0 | 0 | 28 | 24 | 15 | 14 | 0 | 0 | 32 | 28 | |
| Negativos correctos | 395 | 382 | 419 | 419 | 369 | 346 | 370 | 361 | 394 | 392 | 341 | 324 | |
| PC | 0,95 | 0,92 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,85 | 0,94 | 0,92 | 1,00 | 0,99 | 0,87 | 0,83 | |
| POD | 0,07 | 0,13 | - | - | 0,15 | 0,27 | 0,00 | 0,07 | - | - | 0,03 | 0,15 | |
| POFD | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,10 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,06 | 0,10 | |
| TSS | 0,04 | 0,08 | - | - | 0,11 | 0,17 | -0,02 | 0,02 | - | - | -0,03 | 0,05 | |
| FBI | 0,67 | 1,60 | - | - | 0,67 | 1,48 | 0,60 | 1,27 | - | - | 0,67 | 1,30 | |
| FAR | 0,90 | 0,92 | - | - | 0,77 | 0,82 | 1,00 | 0,95 | 1,00 | 1,00 | 0,95 | 0,88 | |
| TS | 0,04 | 0,05 | - | - | 0,10 | 0,12 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,07 | |

Tabla A.38 Datos de visibilidad ECMWF del para el Aeropuerto de Málaga: análisis general.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 |
| Aciertos | 1 | 3 | 15 | 20 | 0 | 4 | 14 | 20 |
| Falsas alarmas | 4 | 8 | 19 | 36 | 2 | 9 | 17 | 37 |
| Fallos | 27 | 25 | 13 | 8 | 28 | 26 | 14 | 8 |
| Negativos correctos | 223 | 219 | 208 | 223 | 229 | 220 | 206 | 187 |
| PC | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,85 | 0,88 | 0,86 | 0,88 | 0,82 |
| POD | 0,04 | 0,11 | 0,54 | 0,71 | 0,00 | 0,13 | 0,50 | 0,71 |
| POFD | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,14 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,17 |
| TSS | 0,02 | 0,07 | 0,45 | 0,58 | -0,01 | 0,09 | 0,42 | 0,55 |
| FBI | 0,18 | 0,39 | 1,21 | 2,00 | 0,07 | 0,43 | 1,11 | 2,04 |
| FAR | 0,80 | 0,73 | 0,56 | 0,64 | 1,00 | 0,69 | 0,55 | 0,65 |
| TS | 0,03 | 0,08 | 0,32 | 0,31 | 0,00 | 0,10 | 0,31 | 0,31 |

Tabla A.39 Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Málaga: análisis bruma/niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Falsas alarmas | 4 | 8 | 5 | 11 | 2 | 10 | 2 | 12 |
| Fallos | 12 | 25 | 0 | 0 | 13 | 26 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 238 | 219 | 250 | 0 | 244 | 221 | 257 | 247 |
| PC | 0,94 | 0,87 | 0,98 | 0,00 | 0,94 | 0,86 | 0,99 | 0,95 |
| POD | 0,08 | 0,11 | - | - | 0,00 | 0,07 | - | - |
| POFD | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 1,00 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,05 |
| TSS | 0,06 | 0,07 | - | - | -0,01 | 0,03 | - | - |
| FBI | 0,38 | 0,39 | - | - | 0,15 | 0,43 | - | - |
| FAR | 0,80 | 0,73 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,83 | 1,00 | 1,00 |
| TS | 0,06 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |

Tabla A.40 Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Málaga: análisis bruma/-niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 9 | 3 | 0 | 0 | 8 | 2 | 0 | 0 |
| Falsas alarmas | 25 | 8 | 34 | 11 | 23 | 10 | 31 | 12 |
| Fallos | 4 | 25 | 0 | 0 | 5 | 26 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 217 | 219 | 221 | 0 | 215 | 214 | 220 | 240 |
| PC | 0,89 | 0,87 | 0,87 | 0,00 | 0,89 | 0,86 | 0,88 | 0,95 |
| POD | 0,69 | 0,11 | - | - | 0,62 | 0,07 | - | - |
| POFD | 0,10 | 0,04 | 0,13 | 1,00 | 0,10 | 0,04 | 0,12 | 0,05 |
| TSS | 0,59 | 0,07 | - | - | 0,52 | 0,03 | - | - |
| FBI | 2,62 | 0,39 | - | - | 2,38 | 0,43 | - | - |
| FAR | 0,74 | 0,73 | 1,00 | 1,00 | 0,74 | 0,83 | 1,00 | 1,00 |
| TS | 0,24 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |

Aeropuerto de Jerez de la Frontera**Tabla A.41** Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|---------|------|--------|--------|------------|------|--------|-------|---------|--------|------------|
| | H00 | | | | | | H06 | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 |
| Aciertos | 2 | 4 | 0 | 0 | 5 | 10 | 2 | 6 | 0 | 0 | 6 | 13 |
| Falsas alarmas | 3 | 11 | 1 | 6 | 11 | 26 | 6 | 13 | 4 | 8 | 16 | 33 |
| Fallos | 9 | 7 | 1 | 1 | 17 | 12 | 9 | 5 | 1 | 1 | 16 | 9 |
| Negativos correctos | 359 | 348 | 372 | 367 | 341 | 326 | 342 | 331 | 358 | 354 | 325 | 309 |
| PC | 0,97 | 0,95 | 0,99 | 0,98 | 0,93 | 0,90 | 0,96 | 0,95 | 0,99 | 0,98 | 0,91 | 0,88 |
| POD | 0,18 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,45 | 0,18 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,59 |
| POFD | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 |
| TSS | 0,17 | 0,33 | 0,00 | -0,02 | 0,20 | 0,38 | 0,16 | 0,51 | -0,01 | -0,02 | 0,23 | 0,49 |
| FBI | 0,45 | 1,36 | 1,00 | 6,00 | 0,73 | 1,64 | 0,73 | 1,73 | 4,00 | 8,00 | 1,00 | 2,09 |
| FAR | 0,60 | 0,73 | 1,00 | 1,00 | 0,69 | 0,72 | 0,75 | 0,68 | 1,00 | 1,00 | 0,73 | 0,72 |
| TS | 0,14 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,21 | 0,12 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,24 |

Tabla A.42 Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera.

| HARMONIE | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|---------|----------|--------|--------|------------|-------|--------|-------|---------|--------|------------|
| | H12 | | | | | | H18 | | | | | |
| | BR | BR +- 2 | FG | FG +-2 | REDUCC | REDUCC +-2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | REDUCC | REDUCC +-2 |
| Aciertos | 3 | 6 | 0 | 0 | 6 | 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 6 | 12 |
| Falsas alarmas | 12 | 25 | 0 | 2 | 16 | 36 | 4 | 12 | 1 | 5 | 16 | 31 |
| Fallos | 8 | 5 | 1 | 1 | 16 | 10 | 9 | 7 | 1 | 1 | 16 | 10 |
| Negativos correctos | 362 | 347 | 384 | 382 | 347 | 327 | 347 | 337 | 361 | 357 | 325 | 310 |
| PC | 0,95 | 0,922 | 0,997 | 0,992 | 0,917 | 0,881 | 0,964 | 0,947 | 0,994 | 0,983 | 0,912 | 0,887 |
| POD | 0,27 | 0,545 | 0,000 | 0,000 | 0,273 | 0,545 | 0,182 | 0,364 | 0,000 | 0,000 | 0,273 | 0,545 |
| POFD | 0,03 | 0,07 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,10 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,09 |
| TSS | 0,24 | 0,48 | 0,00 | -0,01 | 0,23 | 0,45 | 0,17 | 0,33 | 0,00 | -0,01 | 0,23 | 0,45 |
| FBI | 1,36 | 2,82 | 0,00 | 2,00 | 1,00 | 2,18 | 0,55 | 1,45 | 1,00 | 5,00 | 1,00 | 1,95 |
| FAR | 0,80 | 0,81 | #iDIV/0! | 1,00 | 0,73 | 0,75 | 0,67 | 0,75 | 1,00 | 1,00 | 0,73 | 0,72 |
| TS | 0,13 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,21 | 0,13 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,23 |

Tabla A.43 Datos de visibilidad ECMWF del para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera: análisis general.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 | BAJAS | BAJAS+-3 | BJ/MZ | BJ/MZ +-3 |
| Aciertos | 0 | 2 | 15 | 16 | 0 | 3 | 15 | 16 |
| Falsas alarmas | 15 | 36 | 49 | 79 | 14 | 37 | 46 | 77 |
| Fallos | 19 | 17 | 4 | 3 | 19 | 18 | 4 | 3 |
| Negativos correctos | 192 | 171 | 158 | 192 | 196 | 172 | 157 | 126 |
| PC | 0,85 | 0,77 | 0,77 | 0,72 | 0,86 | 0,76 | 0,77 | 0,64 |
| POD | 0,00 | 0,11 | 0,79 | 0,84 | 0,00 | 0,14 | 0,79 | 0,84 |
| POFD | 0,07 | 0,17 | 0,24 | 0,29 | 0,07 | 0,18 | 0,23 | 0,38 |
| TSS | -0,07 | -0,07 | 0,55 | 0,55 | -0,07 | -0,03 | 0,56 | 0,46 |
| FBI | 0,79 | 2,00 | 3,37 | 5,00 | 0,74 | 1,90 | 3,21 | 4,89 |
| FAR | 1,00 | 0,95 | 0,77 | 0,83 | 1,00 | 0,93 | 0,75 | 0,83 |
| TS | 0,00 | 0,04 | 0,22 | 0,16 | 0,00 | 0,05 | 0,23 | 0,17 |

Tabla A.44 Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera: análisis bruma/niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|-------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Falsas alarmas | 15 | 36 | 15 | 38 | 14 | 35 | 14 | 37 |
| Fallos | 9 | 17 | 1 | 0 | 9 | 17 | 1 | 0 |
| Negativos correctos | 202 | 171 | 210 | 0 | 206 | 175 | 214 | 192 |
| PC | 0,89 | 0,77 | 0,93 | 0,00 | 0,90 | 0,77 | 0,93 | 0,84 |
| POD | 0,00 | 0,11 | 0,00 | - | 0,00 | 0,11 | 0,00 | - |
| POFD | 0,07 | 0,17 | 0,07 | 1,00 | 0,06 | 0,17 | 0,06 | 0,16 |
| TSS | -0,07 | -0,07 | -0,07 | - | -0,06 | -0,06 | -0,06 | - |
| FBI | 1,67 | 2,00 | 15,00 | - | 1,56 | 1,95 | 14,00 | - |
| FAR | 1,00 | 0,95 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,95 | 1,00 | 1,00 |
| TS | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |

Tabla A.45 Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera: análisis bruma/niebla.

| ECMWF | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|-------|---------|
| | IFS00 | | | | IFS12 | | | |
| | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 | BR | BR +-2 | FG | FG +- 2 |
| Aciertos | 8 | 2 | 1 | 0 | 8 | 2 | 1 | 0 |
| Falsas alarmas | 56 | 36 | 63 | 38 | 53 | 35 | 60 | 37 |
| Fallos | 1 | 17 | 0 | 0 | 1 | 17 | 0 | 0 |
| Negativos correctos | 161 | 171 | 162 | 0 | 160 | 168 | 161 | 185 |
| PC | 0,75 | 0,77 | 0,72 | 0,00 | 0,76 | 0,77 | 0,73 | 0,83 |
| POD | 0,89 | 0,11 | 1,00 | - | 0,89 | 0,11 | 1,00 | - |
| POFD | 0,26 | 0,17 | 0,28 | 1,00 | 0,25 | 0,17 | 0,27 | 0,17 |
| TSS | 0,63 | -0,07 | 0,72 | - | 0,64 | -0,07 | 0,73 | - |
| FBI | 7,11 | 2,00 | 64,00 | - | 6,78 | 1,95 | 61,00 | - |
| FAR | 0,88 | 0,95 | 0,98 | 1,00 | 0,87 | 0,95 | 0,98 | 1,00 |
| TS | 0,12 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,04 | 0,02 | 0,00 |

Apéndice B

Programas para la descarga automática

Para automatizar la descarga de datos de la web pública de AEMET, se ha utilizado un equipo con el sistema operativo Ubuntu, una distribución de linux. Se ha decidido usar este sistema operativo por ser el que tiene más utilidades para las tareas que se quieren realizar. En este apéndice se explicará como se ha llevado a cabo este proceso, y se mostrarán algunos de los códigos utilizados.

Las principales herramientas que se han utilizado son :

- Cron del sistema: Para la automatización de tareas en linux. Ejecuta procesos o guiones a intervalos regulares.
- Scripts en lenguaje Bash, que es un lenguaje de programación de consola por defecto de Ubuntu
- Scripts en lenguaje Perl, que viene instalado en ubuntu.
- Librerías html extract para Perl

En Cron se han programado todos los procesos que diariamente se deben ejecutar para obtener la información que se precisa. Se han elegido las horas de descarga tal que se pueda conseguir toda la información necesaria, teniendo en cuenta las horas a las que AEMET actualiza sus datos.

Para indicar a Cron la hora a la que debe ejecutar un determinado proceso, se utiliza la siguiente estructura:

Código B.1 Ejemplo de proceso en Cron.

| | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|
| m | h | dom | mon | dow |
|---|---|-----|-----|-----|

Dónde:

- **m**: minuto de ejecución de la orden.
- **h**: hora de ejecución de la orden.
- **dom**: Día del mes en que se ejecuta el programa.
- **mon**: Mes de ejecución del programa.
- **dow**: Día de la semana en que se ejecuta el programa.

En caso de que se quiera ejecutar la orden todos los días a la misma hora, a las variables dom, mon y dow se les asignará el valor *.

Para todas las descargas, se han creado uno o varios procesos que corren a través de Cron ejecutando los scripts en lenguaje Bash. Desde estos Scripts, se ejecutan los programas en Perl, que son los que llevan a cabo la descarga y almacenamiento de datos. Para entender el funcionamiento de los diferentes programas, se va a explicar con algunos ejemplos cómo se han descargado los contenidos de AEMET.

B.1 HIRLAM 0.05

AEMET actualiza en su web, diariamente, dos de las cuatro salidas de HIRLAM. De cada salida, se descargan 7 imágenes, correspondientes a diferentes horas de predicción. Para poder descargar todas las imágenes de ambas salidas, se utilizan dos procesos en Cron.

Código B.2 Procesos en Cron para HIRLAM 0.05.

```
00 10 * * * /home/cc0pc/tfg/bin/trae_hirlam005_v1.sh 10 >> /home/
cc0pc/tfg/myscripts.log
00 19 * * * /home/cc0pc/tfg/bin/trae_hirlam005_v1.sh 19 >> /home/
cc0pc/tfg/myscripts.log
```

Lo primero que se indica es el momento en que debe ejecutar el programa. La salida de las 00 UTC se descarga a las 10:00, hora local, y la salida de 12 UTC a las 19:00.

A continuación, se le proporciona el archivo que debe ejecutar. Para descargar ambas salidas se utiliza el mismo script, pero varía el argumento de entrada que se proporciona, que se indica justo a continuación. En estos ejemplos, el argumento de entrada coincide con la hora de ejecución de los scripts. Por último, a continuación del símbolo >>, se indica el archivo de salida, donde se puede detectar si ha ocurrido algún error.

En este punto, por tanto Cron ejecuta el fichero *trae_hirlam005_v1.sh*, cuyo contenido se muestra a continuación:

Código B.3 Bash script para HIRLAM 0.05.

```
#!/bin/bash
[ $# -lt '1' ] && exit 1
/home/cc0pc/Dropbox/tfg/bin/trae_hirlam005_v1.pl $1
```

Como se ve, es un código muy corto. El argumento de entrada que se proporcionó en Cron se almacena en este programa en la variable \$1. Si hubiera más argumentos de entrada, se guardarían en las variables \$2, \$3, \$4, etc.

La primera línea indica que se va a utilizar lenguaje bash. La segunda es para detectar errores, si no hay argumento de entrada, se para el programa. En la última línea es donde se ejecuta el programa Perl, que en este caso se llama *trae_hirlam005_v1.pl*. Tras la ruta del programa, se proporciona el argumento de entrada para el programa en Perl.

A continuación, se va a explicar parte por parte el programa *trae_hirlam005_v1.pl*, ya que es el que realiza la descarga.

Código B.4 Perl script para HIRLAM 0.05: parte 1.

```
#!/usr/bin/perl

my $hora = $ARGV[0] or die "Necesito una hora, 10 o 19 como parametro\n";

use POSIX qw( strftime );
use Time::Local qw( timegm );
use LWP::Simple;
```

En Perl, los argumentos de entrada se almacenan en el vector \$ ARGV. En este caso solo se proporciona un argumento de entrada, que se almacena en la componente 0 del vector, \$ ARGV[0]. En la segunda línea de código se está comprobando que se ha proporcionado este argumento. Si se ha proporcionado, se almacenará en la variable \$hora, y si no se ha proporcionado, se parará el programa y se mostrará el mensaje que aparece entrecomillado. Las siguientes líneas de código son diferentes módulos que se usarán en el programa.

Código B.5 Perl script para HIRLAM 0.05: parte 2.

```
$url_general="http://www.aemet.es/imagenes_d/eltiempo/prediccion/modelos_num/
hirlam005/";

my @parteurl = ( 'a', 'b', 'c', 'd',
                'f', 'g', 'h'
                );
```

```

my @parteurl1 = ( '00+006_ww_jsx0a006.gif', '00+009_ww_jsx0a009.gif', '00+012_ww_jsx0a012.gif', '00+015_ww_jsx0a015.gif',
                  '00+018_ww_jsx0a018.gif', '00+021_ww_jsx0a021.gif', '00+024_ww_jsx0a0d1.gif'
);

my @parteurl2 = ( '12+006_ww_jsx0a206.gif', '12+009_ww_jsx0a209.gif', '12+012_ww_jsx0a212.gif', '12+015_ww_jsx0a215.gif',
                  '12+018_ww_jsx0a218.gif', '12+021_ww_jsx0a221.gif', '12+024_ww_jsx0a2d1.gif'
);

for (my $i=0; $i <= 6; $i++) {
    if ($hora eq "10") {
        $parteurl[$i] = $parteurl1[$i] ;
    }
    if ($hora eq "19") {
        $parteurl[$i] = $parteurl2[$i] ;
    }
}

```

En esta parte del código, se define una parte de las url de las que se deben descargar los archivos. Un ejemplo de url completa es:

http://www.aemet.es/imagenes_d/eltiempo/prediccion/modelos_num/hirlam005/2016062512+006_ww_jsx0a206.gif

En esta parte del código, se define todo menos la parte de la fecha, que varía de un día a otro. En la variable \$url_general se almacena la parte del enlace que no varía en ningún momento. Posteriormente se inicializa la variable @parteurl, asignándole unos valores cualesquiera.

A continuación se crean dos variables muy similares, @parteurl1 y @parteurl2. Ambas contienen la última parte del enlace, pero @parteurl1 es para la salida de las 00 UTC y @parteurl2 es para la de las 12 UTC.

Por último, en el bucle "for", según el valor del argumento de entrada, se asigna al vector @parteurl el valor de @parteurl1 o el de @parteurl2, según sea la salida de las 00 UTC o la de las 12 UTC. Esto se hace componente a componente.

Código B.6 Perl script para HIRLAM 0.05: parte 3.

```

$pathbase="/home/cc0pc/Dropbox/tfg/general/modelos_numericos/hirlam_0.05/";

for (my $i=0; $i <= 6; $i++) {

    my $fechapartida = time;
    $FechaT2= strftime "%Y%m%d", ( localtime($fechapartida) );

    $filename1=$parteurl[$i];

    $direccion_web=$url_general.$FechaT2.$filename1;
    $name_def_gif = $pathbase.$FechaT2.$filename1;

    my $url = get($direccion_web);

    open(OUT, ">$name_def_gif") or die "$!\n";
    print OUT $url;
    close(OUT);
}

```

En esta última parte, lo primero que se define es el lugar donde se van a guardar las imágenes, mediante la variable `@pathbase`. El siguiente paso es un bucle `for`, para ir completando la url y nombre de archivo de cada imagen, así como realizar la descarga de la misma.

Mediante la orden `"my $fechapartida = time;"`, se asigna a dicha variable el valor en segundos de la hora del sistema. En la siguiente línea se toma, de este valor pasado a formato día, mes, año, etc mediante la función `localtime`, el año, mes y día, y se almacena en la variable `$FechaT2`.

Posteriormente, se asigna a la variable `$filename1` el valor de la componente *i* del vector `@parturl`, es decir, la última parte de la url, que es diferente para cada imagen.

Con las variables creadas hasta el momento, se puede construir la url completa para cada imagen, uniendo los caracteres alfanuméricos de diferentes variables. Esta url completa se almacena en la variable `$direccion_web`. Al guardar la imagen, no se va a cambiar el nombre, por lo que también se puede construir el nombre del archivo final. Para evitar errores, se añade también la ruta en la que se debe guardar. Este nombre se almacena en la variable `$name_def_gif`.

Una vez se tienen la dirección web y el nombre del archivo final, se puede proceder a la descarga. Mediante la orden `"my $url = get($direccion_web);"`, se almacena en la variable `$url` todo lo que se encuentre en la dirección web proporcionada, en este caso una imagen en formato ".gif". En las tres últimas líneas se guarda la imagen. Mediante el comando `"open(OUT, ">$name_def_gif") or die "$!\n";"` se crea y abre un archivo con el nombre indicado. Si hubiera otro con el mismo nombre, se sobrescribiría, debido al símbolo `>`. OUT es simplemente una forma de referirnos al archivo. Tras abrir el archivo, se guarda en él, mediante la orden `print`, todo lo que haya almacenado en la variable `$url`, que es la imagen que se quería descargar.

B.2 Predicción por horas

En este caso, la información no se encuentra en forma de imagen, sino que se trata de una tabla. Para poder extraer la información de la tabla de forma automática, se ha descargado el archivo ".html" completo, y posteriormente se ha trasladado el contenido de la tabla a formato ".csv", mediante las librerías "HTML::Extract". A continuación se muestran los códigos utilizados. En este caso tan solo se explicarán de forma detallada las partes que sean diferentes respecto del caso anterior.

Código B.7 Procesos en Cron para la predicción por horas.

```
45 09 * * * /home/cc0pc/Dropbox/tfg/bin/trae_muni_previ_00UTC_v1.sh
>> /home/cc0pc/Dropbox/tfg/myscripts.log
45 21 * * * /home/cc0pc/Dropbox/tfg/bin/trae_muni_previ_12UTC_v1.sh
>> /home/cc0pc/Dropbox/tfg/myscripts.log
```

En Cron, se han programado dos procesos, que llaman a diferentes archivos ".sh". El primero descarga la salida de las 00 UTC, y el segundo la de las 12 UTC. Como se observa, no se proporcionan argumentos de entrada

Código B.8 Bash Script para la salida de las 00 UTC de la predicción por horas.

```
#!/bin/bash
/home/cc0pc/Dropbox/tfg/bin/trae_muni_previ_v1.pl 00UTC
```

Código B.9 Bash Script para la salida de las 12 UTC de la predicción por horas.

```
#!/bin/bash
/home/cc0pc/Dropbox/tfg/bin/trae_muni_previ_v1.pl 12UTC
```

Los dos script en lenguaje bash son simples, ejecutan un mismo archivo ".pl", pero con diferentes argumentos de entrada según la salida del modelo que se quiere descargar.

A continuación se muestra el código en Perl completo. La mayor parte sigue la misma estructura que el que se explicó para HIRLAM. La principal diferencia es que, como en este caso lo que se descarga un archivo ".html", que no es útil para el posterior tratamiento de datos, a la vez que se descarga se leerá este archivo y se parará la información que interesa a un archivo ".csv".

Código B.10 Perl script para la predicción por horas.

```
#!/usr/bin/perl

#Se comprueba que se ha proporcionado el argumento de entrada
my $franja_horaria = $ARGV[0] or die "Necesito una franja horaria como
    parametro 00UTC o 12UTC\n";

#Módulos y clases que se deben cargar
use LWP::Simple;
use HTML::TableExtract;
use POSIX      qw( strftime );
use Time::Local qw( timegm );

#Se toma la fecha del sistema
my $fechapartida = time;

#Se definen algunas partes de la url y la ruta donde se guardarán los archivos
$pathbase="/home/cc0pc/Dropbox/tfg/municipios/";

my @municipios = ('chipiona-id11016','grazalema-id11019','jerez-de-la-frontera-
    id11020','sanlucar-de-barrameda-id11032',
        'aguiar-de-la-frontera-id14002', 'cordoba-id14021', 'dona-
        mencia-id14022', 'rambla-la-id14057','montoro-id14043',
        'alajar-id21001', 'almonete-id21005', 'huelva-id21041',
        'andujar-id23005', 'cazorla-id23028', 'jaen-id23050',
        'carmona-id41024', 'cazalla-de-la-sierra-id41032', 'ecija-id41039', '
        sevilla-id41091' );

my @municipios_short = ('ca_chipiona','ca_grazalema','ca_jerez', 'ca_sanlucar',
    'co_aguiar', 'co_cordoba', 'co_dmencia', 'co_larambla', 'co_montoro',
    ,
    'hu_alajar', 'hu_almonete', 'hu_huelva',
    'ja_andujar', 'ja_cazorla', 'ja_jaen',
    'se_carmona', 'se_cazalla', 'se_ecija', 'se_sevilla');

my @rutamunicipios= ('cadiz/chipiona', 'cadiz/grazalema', 'cadiz/jerez', 'cadiz
    /sanlucar_de_barrameda',
        'cordoba/aguiar_de_la_frontera', 'cordoba/cordoba', 'cordoba/
        dona_mencia', 'cordoba/la_rambla', 'cordoba/montoro',
        'huelva/alajar', 'huelva/almonete', 'huelva/huelva_ronda_este',
        'jaen/andujar', 'jaen/cazorla','jaen/jaen',
        'sevilla/carmona', 'sevilla/cazalla_de_la_sierra', 'sevilla/ecija',
        'sevilla/sevilla_aeropuerto'
    );

$url_general="http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/horas/tabla
    /";

#Bucle para descargar y guardar los archivos de cada municipio
for (my $i=0; $i <= 18; $i++) {

    #Definición de los nombres de los archivos que se guardarán, y de la direcció
    n web para descargar el archivo .html
    $FechaT = strftime "%Y_%m_%d", ( localtime($fechapartida) );
    $filename1=$municipios[$i];
    $filename_short=$municipios_short[$i];
```

```

$filename_ruta=$rutamunicipios[$i];

$direccion_web=$url_general.$filename1;
$name_def_html= $pathbase.$filename_ruta."/prediccion/".$FechaT."_".
    $franja_horaria."_".$filename_short.".html";
$name_def_csv= $pathbase.$filename_ruta."/prediccion/".$FechaT."_".
    $franja_horaria."_".$filename_short.".csv";

#Descarga del archivo .html
my $url = get($direccion_web);

#Se guarda el archivo .html
open(OUT2, ">$name_def_html") or die "$!\n";
print OUT2 $url;
close(OUT2);

#Se guarda el encabezado de la tabla en formato .csv
open(OUT, ">$name_def_csv") or die "$!\n";
print OUT "Fecha"."","Hora"."","Precipitacion"."\\n";

#Se extrae la parte de la tabla que interesa
my $te = new HTML::TableExtract (
    headers => [qw (Fec. Hor. Pre. ) ]
);
$te->parse($url);

$Fecha=$FechaT;

#Se forma el contenido que se guardará en el .csv
foreach my $ts ($te->tables) {
    foreach my $row ($ts->rows) {
        #Se lee la hora y se guarda en una variable
        $Hora=$$row[1];
        $Hora =~ s/^\\s+//;
        $Hora =~ s/\\s+$//;

        #Se lee la precipitación y se guarda en una variable
        $precipit=$$row[2];
        $precipit =~ s/^\\s+//;
        $precipit =~ s/\\s+$//;

        #Se cambia "Ip" por cero, para evitar errores posteriores
        if ($precipit eq "Ip") {
            $precipit = 0;
        }

        #Se guarda la fila actual en la tabla .csv
        print OUT substr($Fecha,8,2)."/".substr($Fecha,5,2)."/".substr(
            $Fecha,0,4).",".$Hora.",".$precipit."\\n";

        #Para cambiar el día, si la hora es 23 se suma un día
        if ($Hora eq "23") {
            $fechapartida= $fechapartida + 24*60*60;
            $Fecha = strftime "%Y-%m-%d", ( localtime($fechapartida) );
        }
    }
}

```

```
close(OUT);
}
```

La extracción de la tabla del ".html" se realiza mediante el paquete HTML::TableExtract, que busca las tablas que encuentre en el archivo, y las guarda en la variable que se indique, en este caso \$te. En la tabla, la fecha se encuentra en una combinación de filas, por lo que no es trivial leer este dato directamente de la tabla. Por este motivo, se ha decidido utilizar la fecha del sistema, y cuando el dato que se lea corresponda a las 23:00, se sumará un día mas.

Otro detalle a tener en cuenta es que, en la columna de precipitación, si la predicción es que se de una lluvia muy ligera, se indica con "Ip", imperceptible. Como los datos se han tratado con MATLAB, se ha cambiado este "Ip" por un 0, para evitar fallos.

B.3 Datos de las estaciones meteorológicas

Los datos de las estaciones meteorológicas se pueden descargar en formato ".csv", por lo que en este caso no será necesario descargar el ".html" completo. Al igual que en el apartado anterior, se explicarán en detalle tan solo las partes que sean novedosas respecto a los dos casos anteriores. Los ".csv" que proporciona AEMET en su web contienen la información de las estaciones de meteorológicas de cada hora, en un intervalo de 24h. Por tanto, también este programa deberá ejecutarse una vez al día, y siempre a la misma hora, para no perder información. La tarea programada en Cron es la siguiente:

Código B.11 Tarea Cron para los datos de las estaciones meteorológicas.

```
45 17 * * * /home/cc0pc/tfg/bin/trae_muni_datos_v1.sh >> /home/
cc0pc/tfg/myscripts.log
```

La hora elegida para las descargas ha sido las 17:45, de forma que el último dato que incluirá el archivo será el de las 17:00. En este caso, no se proporciona ningún argumento de entrada. A las 17:45, por tanto, se ejecutará el script *trae_muni_datos_v1.sh*.

Código B.12 Bash script para los datos de las estaciones automáticas.

```
#!/bin/bash
/home/cc0pc/Dropbox/tfg/bin/trae_muni_datos_v1.pl
```

Este script es muy simple, ya que, al no haber argumentos de entrada, lo único hace es ejecutar el archivo *trae_muni_datos_v1.pl*.

El programa Perl es muy similar a los anteriores, solo que en este caso se descarga y guarda un archivo ".csv", sin realizar modificaciones. A continuación, se muestra este código

Código B.13 Perl script para los datos de las estaciones meteorológicas.

```
#!/usr/bin/perl

#Módulos y clases que debe cargar el programa
use LWP::Simple;
use HTML::TableExtract;
use POSIX      qw( strftime );
use Time::Local qw( timegm );

#Se toma la fecha del sistema
my $fechapartida = time;

#Se definen algunas partes de la url y la ruta donde se guardarán los archivos
$pathbase="/home/cc0pc/Dropbox/tfg/municipios/";
```

```

my @municipios_short = ('ca_chipiona','ca_grazalema','ca_jerez',
    'co_aguilar','co_cordoba', 'co_dmencia', 'co_larambla', '
    co_montoro',
    'hu_alajar','hu_almonte', 'hu_huelva',
    'ja_andujar', 'ja_cazorla', 'ja_jaen',
    'se_carmona', 'se_cazalla', 'se_ecija', 'se_sevilla', 'se_tablada'
);

my @urlmunicipios = ('ultimosdatos_5906X_datos-horarios.csv?k=and&l=5906X&datos
    =det&w=0&f=temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5911A_datos-horarios.csv?k=and&l=5911A&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5960_datos-horarios.csv?k=and&l=5960&datos=det&w=0&f=
    temperatura&x=h24',

    'ultimosdatos_5624X_datos-horarios.csv?k=and&l=5624X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5402_datos-horarios.csv?k=and&l=5402&datos=det&w=0&f=
    temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5427X_datos-horarios.csv?k=and&l=5427X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5625X_datos-horarios.csv?k=and&l=5625X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5361X_datos-horarios.csv?k=and&l=5361X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',

    'ultimosdatos_4560Y_datos-horarios.csv?k=and&l=4560Y&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5858X_datos-horarios.csv?k=and&l=5858X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_4642E_datos-horarios.csv?k=and&l=4642E&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',

    'ultimosdatos_5298X_datos-horarios.csv?k=and&l=5298X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5038X_datos-horarios.csv?k=and&l=5038X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5270B_datos-horarios.csv?k=and&l=5270B&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',

    'ultimosdatos_5702X_datos-horarios.csv?k=and&l=5702X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5704B_datos-horarios.csv?k=and&l=5704B&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5641X_datos-horarios.csv?k=and&l=5641X&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5783_datos-horarios.csv?k=and&l=5783&datos=det&w=0&f=
    temperatura&x=h24',
    'ultimosdatos_5790Y_datos-horarios.csv?k=and&l=5790Y&datos=det&w=0&f
    =temperatura&x=h24'
);

my @rutamunicipios= ('cadiz/chipiona', 'cadiz/grazalema', 'cadiz/jerez',
    'cordoba/aguilar_de_la_frontera', 'cordoba/cordoba', 'cordoba/
    dona_mencia', 'cordoba/la_rambla', 'cordoba/montoro',
    'huelva/alajar', 'huelva/almonte', 'huelva/huelva_ronda_este',

```



```

        'jaen/andujar', 'jaen/cazorla','jaen/jaen',
        'sevilla/carmona', 'sevilla/cazalla_de_la_sierra', 'sevilla/ecija',
        'sevilla/sevilla_aeropuerto', 'sevilla/sevilla_tablada'
    );

$url_general="http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/";

#Bucle para descargar y guardar el archivo de cada municipio
for (my $i=0; $i <= 18; $i++) {

    #Se terminan de construir la url y el nombre del archivo final
    $FechaT = strftime "%Y_%m_%d", ( localtime($fechapartida) );

    $filename1=$urlmunicipios[$i];
    $filename_short=$municipios_short[$i];
    $filename_ruta=$rutamunicipios[$i];

    $name_def_csv= $pathbase.$filename_ruta."/datos/". $FechaT."_".
        $filename_short.".csv";
    $direccion_web=$url_general.$filename1;

    #Descarga del contenido de la url
    my $url = get($direccion_web);

    #Se guarda el archivo con el nombre deseado
    open(OUT, ">$name_def_csv") or die "$!\n";
    print OUT $url;
    close(OUT);
}

```


Apéndice C

Programas de MATLAB

En este apéndice se van a incluir programas utilizados para el tratamiento de datos. Dado que hay programas muy similares, se incluirán tan solo los más representativos. Todos los códigos que aparecen en este apéndice se corresponden con el análisis de datos de dominio público, ya que son mas completos que los utilizados en los análisis de datos de AEMET.

C.1 Programas para el tratamiento de imágenes

Para obtener el valor de la precipitación a partir de imágenes, se han realizado varias funciones. Se muestran como ejemplo los programas utilizados para el modelo HIRLAM 0.05, dado que el resto de imágenes se han tratado del mismo modo.

Código C.1 Programa que lee las imágenes de un mes y crea una tabla para cada municipio con los valores de la precipitación. Utiliza la función *Precipitaciones*.

```
clear all; close all; clc;

% Se define el año, mes y días que tiene el mes
y = 2016;
m = 5;

year = int2str(y);
month = int2str(m);

if m<10
    month = ['0', month];
end

switch m
    case 11
        Nm = 30;
    case 12
        Nm = 31;
    case 2
        Nm = 29;
    case 1
        Nm = 31;
    case 3
        Nm = 31;
    case 4
        Nm = 30;
    case 5
```

```

        Nm = 31;
    end

    % Se crean las matrices donde se almacenarán los datos

    % Municipios de Cádiz
    tabla_chipiona(1,1) = 0;
    tabla_chipiona(1,2:9) = 2:3:23;

    tabla_grazalema = tabla_chipiona;
    tabla_jerez = tabla_chipiona;
    tabla_sanlucar = tabla_chipiona;

    % Municipios de Córdoba
    tabla_aguilar = tabla_chipiona;
    tabla_cordoba = tabla_chipiona;
    tabla_mencia = tabla_chipiona;
    tabla_rambla = tabla_chipiona;
    tabla_montoro = tabla_chipiona;

    % Municipios de Huelva
    tabla_alajar = tabla_chipiona;
    tabla_almonte = tabla_chipiona;
    tabla_huelva = tabla_chipiona;

    % Municipios de Jaén
    tabla_andujar = tabla_chipiona;
    tabla_cazorla = tabla_chipiona;
    tabla_jaen = tabla_chipiona;

    % Municipios de Sevilla
    tabla_carmona = tabla_chipiona;
    tabla_cazalla = tabla_chipiona;
    tabla_ecija = tabla_chipiona;
    tabla_sev_tab = tabla_chipiona;
    tabla_sev_aerop = tabla_chipiona;

    % Bucle para todos los días del mes
    for d=1:Nm

        % Se inicia la variable fila con un valor cualquiera
        fila(1,1) = d;
        fila(1,2:9) = -99;

        %Se añaden dos filas a cada tabla, una para cada salida del modelo

        %Municipios de Cádiz
        tabla_chipiona = [tabla_chipiona ; fila; fila];
        tabla_grazalema = [tabla_grazalema; fila; fila];
        tabla_jerez = [tabla_jerez ; fila; fila];
        tabla_sanlucar = [tabla_sanlucar ; fila; fila];

        % Municipios de Córdoba
        tabla_aguilar = [tabla_aguilar; fila; fila];
        tabla_cordoba = [tabla_cordoba; fila; fila];

```

```

tabla_mencia = [tabla_mencia ; fila; fila];
tabla_rambla = [tabla_rambla ; fila; fila];
tabla_montoro = [tabla_montoro; fila; fila];

% Municipios de Huelva
tabla_alajar = [tabla_alajar ; fila; fila];
tabla_almonte = [tabla_almonte; fila; fila];
tabla_huelva = [tabla_huelva ; fila; fila];

% Municipios de Jaén
tabla_andujar = [tabla_andujar; fila; fila];
tabla_cazorla = [tabla_cazorla; fila; fila];
tabla_jaen = [tabla_jaen ; fila; fila];

% Municipios de Sevilla
tabla_carmona = [tabla_carmona ; fila; fila];
tabla_cazalla = [tabla_cazalla ; fila; fila];
tabla_ecija = [tabla_ecija ; fila; fila];
tabla_sev_tab = [tabla_sev_tab ; fila; fila];
tabla_sev_aerop = [tabla_sev_aerop; fila; fila];

day = int2str(d);
if d<10
    day = ['0',day];
end

% Bucle para cada hora en la que el modelo proporciona una salida
for h=2:3:23

    % Se modifican los valores de las variables que formarán el nombre del
    % archivo que contiene la imagen
    hour = int2str(h);
    if h<10
        hour = ['0',hour];
    end

    if h>2
        int00=int2str(h-2);
    else
        int00=int2str(h-2+24);
    end

    if h<20
        int12=int2str(h+10);
    else
        int12=int2str(h-14);
    end

    if d == 27 && h == 2;
        h = 1;
        hour=int2str(h);
        if h<10
            hour=['0',hour];
        end
        int00 = int2str(24);
        int12 = int2str(12);
    end
end

```

```

% Se establece la columna en la que se almacenará el dato actual
if h==2 || h==1
    j=2;
elseif h==5
    j=3;
elseif h==8
    j=4;
elseif h==11;
    j=5;
elseif h==14
    j=6;
elseif h==17
    j=7;
elseif h==20
    j=8;
elseif h==23
    j=9;
end

i = d*2;

% Se compone el nombre de las imágenes y se llama a la función "
    precipitaciones". Según la hora habrá que leer las imágenes de una
    salida, de la otra, o de ambas, y guardar los resultados en la tabla
    . Cuando No se tienen datos o hay algún error, se guarda un número
    negativo.

if h~=5 && h~=17;
    imagen00_gif = ['F:\Users\Leonor\Documents\MEGAsync\TFG\General\
        Modelos numéricos\HIRLAM 0.05\'',year,'_',month,'_',day,'_',hour,
        '.00--H+',int00,'.gif'];

    imagen12_gif = ['F:\Users\Leonor\Documents\MEGAsync\TFG\General\
        Modelos numéricos\HIRLAM 0.05\'',year,'_',month,'_',day,'_',hour,
        '.00--H+',int12,'.gif'];

    try
        [Pmed_cad00,Pmed_cor00,Pmed_hu00,Pmed_ja00,Pmed_sev00] =
            precipitaciones(imagen00_gif);
    catch ERROR
        disp(imagen00_gif)
        Pmed_cad00(:) = -66; Pmed_cor00(:) = -66; Pmed_hu00(:) = -66;
        Pmed_ja00(:) = -66; Pmed_sev00(:) = -66;
    end

    try
        [Pmed_cad12,Pmed_cor12,Pmed_hu12,Pmed_ja12,Pmed_sev12] =
            precipitaciones(imagen12_gif);
    catch ERROR
        disp(imagen12_gif)
        Pmed_cad12(:) = -66; Pmed_cor12(:) = -66; Pmed_hu12(:) = -66;
        Pmed_ja12(:) = -66; Pmed_sev12(:) = -66;
    end
end

```

```

% Municipios de Cádiz
tabla_chipiona(i,j) = Pmed_cad00(1);
tabla_chipiona(i+1,j) = Pmed_cad12(1);

tabla_grazalema(i,j) = Pmed_cad00(2);
tabla_grazalema(i+1,j) = Pmed_cad12(2);

tabla_jerez(i,j) = Pmed_cad00(3);
tabla_jerez(i+1,j) = Pmed_cad12(3);

tabla_sanlucar(i,j) = Pmed_cad00(4);
tabla_sanlucar(i+1,j) = Pmed_cad12(4);

% Municipios de Córdoba
tabla_aguilar(i,j) = Pmed_cor00(1);
tabla_aguilar(i+1,j) = Pmed_cor12(1);

tabla_cordoba(i,j) = Pmed_cor00(2);
tabla_cordoba(i+1,j) = Pmed_cor12(2);

tabla_mencia(i,j) = Pmed_cor00(3);
tabla_mencia(i+1,j) = Pmed_cor12(3);

tabla_rambla(i,j) = Pmed_cor00(4);
tabla_rambla(i+1,j) = Pmed_cor12(4);

tabla_montoro(i,j) = Pmed_cor00(5);
tabla_montoro(i+1,j) = Pmed_cor12(5);

% Municipios de Huelva
tabla_alajar(i,j) = Pmed_hu00(1);
tabla_alajar(i+1,j) = Pmed_hu12(1);

tabla_almonte(i,j) = Pmed_hu00(2);
tabla_almonte(i+1,j) = Pmed_hu12(2);

tabla_huelva(i,j) = Pmed_hu00(3);
tabla_huelva(i+1,j) = Pmed_hu12(3);

% Municipios de Jaén
tabla_andujar(i,j) = Pmed_ja00(1);
tabla_andujar(i+1,j) = Pmed_ja12(1);

tabla_cazorla(i,j) = Pmed_ja00(2);
tabla_cazorla(i+1,j) = Pmed_ja12(2);

tabla_jaen(i,j) = Pmed_ja00(3);
tabla_jaen(i+1,j) = Pmed_ja12(3);

% Municipios de Sevilla
tabla_carmona(i,j) = Pmed_sev00(1);
tabla_carmona(i+1,j) = Pmed_sev12(1);

tabla_cazalla(i,j) = Pmed_sev00(2);
tabla_cazalla(i+1,j) = Pmed_sev12(2);

```

```

        tabla_ecija(i,j)      = Pmed_sev00(3);
        tabla_ecija(i+1,j)    = Pmed_sev12(3);

        tabla_sev_tab(i,j)    = Pmed_sev00(4);
        tabla_sev_tab(i+1,j)  = Pmed_sev12(4);

        tabla_sev_aerop(i,j)  = Pmed_sev00(5);
        tabla_sev_aerop(i+1,j) = Pmed_sev12(5);

elseif h==5
    imagen12_gif = ['F:\Users\Leonor\Documents\MEGAsync\TFG\General\
        Modelos numéricos\HIRLAM 0.05\'',year,'_',month,'_',day,'_',hour,
        '.00--H+',int12,'.gif'];

    try
        [Pmed_cad12,Pmed_cor12,Pmed_hu12,Pmed_ja12,Pmed_sev12] =
            precipitaciones(imagen12_gif);
    catch ERROR
        disp(imagen12_gif)
        Pmed_cad12(:) = -66; Pmed_cor12(:) = -66; Pmed_hu12(:) = -66;
        Pmed_ja12(:) = -66; Pmed_sev12(:) = -66;
    end

    % Municipios de Cádiz
    tabla_chipiona(i,j) = -1;
    tabla_chipiona(i+1,j) = Pmed_cad12(1);

    tabla_grazalema(i,j) = -1;
    tabla_grazalema(i+1,j) = Pmed_cad12(2);

    tabla_jerez(i,j)      = -1;
    tabla_jerez(i+1,j)    = Pmed_cad12(3);

    tabla_sanlucar(i,j)   = -1;
    tabla_sanlucar(i+1,j) = Pmed_cad12(4);

    % Municipios de Córdoba
    tabla_aguilar(i,j) = -1;
    tabla_aguilar(i+1,j) = Pmed_cor12(1);

    tabla_cordoba(i,j) = -1;
    tabla_cordoba(i+1,j) = Pmed_cor12(2);

    tabla_mencia(i,j) = -1;
    tabla_mencia(i+1,j) = Pmed_cor12(3);

    tabla_rambla(i,j) = -1;
    tabla_rambla(i+1,j) = Pmed_cor12(4);

    tabla_montoro(i,j) = -1;
    tabla_montoro(i+1,j) = Pmed_cor12(5);

    % Municipios de Huelva
    tabla_alajar(i,j) = -1;

```



```

    tabla_alajar(i+1,j) = Pmed_hu12(1);

    tabla_almonte(i,j) = -1;
    tabla_almonte(i+1,j) = Pmed_hu12(2);

    tabla_huelva(i,j) = -1;
    tabla_huelva(i+1,j) = Pmed_hu12(3);

    % Municipios de Jaén
    tabla_andujar(i,j) = -1;
    tabla_andujar(i+1,j) = Pmed_ja12(1);

    tabla_cazorla(i,j) = -1;
    tabla_cazorla(i+1,j) = Pmed_ja12(2);

    tabla_jaen(i,j) = -1;
    tabla_jaen(i+1,j) = Pmed_ja12(3);

    % Municipios de Sevilla
    tabla_carmona(i,j) = -1;
    tabla_carmona(i+1,j) = Pmed_sev12(1);

    tabla_cazalla(i,j) = -1;
    tabla_cazalla(i+1,j) = Pmed_sev12(2);

    tabla_ecija(i,j) = -1;
    tabla_ecija(i+1,j) = Pmed_sev12(3);

    tabla_sev_tab(i,j) = -1;
    tabla_sev_tab(i+1,j) = Pmed_sev12(4);

    tabla_sev_aerop(i,j) = -1;
    tabla_sev_aerop(i+1,j) = Pmed_sev12(5);

else
    imagen00_gif = ['F:\Users\Leonor\Documents\MEGAsync\TFG\General\
        Modelos numéricos\HIRLAM 0.05\'',year,'_',month,'_',day,'_',hour,
        '.00--H+',int00,'.gif'];

    try
        [Pmed_cad00,Pmed_cor00,Pmed_hu00,Pmed_ja00,Pmed_sev00] =
            precipitaciones(imagen00_gif);
    catch ERROR
        disp(imagen00_gif)
        Pmed_cad00(:) = -66; Pmed_cor00(:) = -66; Pmed_hu00(:) = -66;
        Pmed_ja00(:) = -66; Pmed_sev00(:) = -66;
    end

    % Municipios de Cádiz
    tabla_chipiona(i,j) = Pmed_cad00(1);
    tabla_chipiona(i+1,j) = -1;

    tabla_grazalema(i,j) = Pmed_cad00(2);
    tabla_grazalema(i+1,j) = -1;

```

```

tabla_jerez(i,j)      = Pmed_cad00(3);
tabla_jerez(i+1,j)    = -1;

tabla_sanlucar(i,j)   = Pmed_cad00(4);
tabla_sanlucar(i+1,j) = -1;

% Municipios de Córdoba
tabla_aguilar(i,j)    = Pmed_cor00(1);
tabla_aguilar(i+1,j)  = -1;

tabla_cordoba(i,j)    = Pmed_cor12(2);
tabla_cordoba(i+1,j)  = -1;

tabla_mencia(i,j)     = Pmed_cor00(3);
tabla_mencia(i+1,j)   = -1;

tabla_rambla(i,j)     = Pmed_cor00(4);
tabla_rambla(i+1,j)   = -1;

tabla_montero(i,j)    = Pmed_cor00(5);
tabla_montero(i+1,j)  = -1;

% Municipios de Huelva
tabla_alajar(i,j)     = Pmed_hu00(1);
tabla_alajar(i+1,j)   = -1;

tabla_almonte(i,j)    = Pmed_hu00(2);
tabla_almonte(i+1,j)  = -1;

tabla_huelva(i,j)     = Pmed_hu00(3);
tabla_huelva(i+1,j)   = -1;

% Municipios de Jaén
tabla_andujar(i,j)    = Pmed_ja00(1);
tabla_andujar(i+1,j)  = -1;

tabla_cazorla(i,j)    = Pmed_ja00(2);
tabla_cazorla(i+1,j)  = -1;

tabla_jaen(i,j)       = Pmed_ja00(3);
tabla_jaen(i+1,j)     = -1;

% Municipios de Sevilla
tabla_carmona(i,j)    = Pmed_sev00(1);
tabla_carmona(i+1,j)  = -1;

tabla_cazalla(i,j)    = Pmed_sev00(2);
tabla_cazalla(i+1,j)  = -1;

tabla_ecija(i,j)      = Pmed_sev00(3);
tabla_ecija(i+1,j)    = -1;

tabla_sev_tab(i,j)    = Pmed_sev00(4);
tabla_sev_tab(i+1,j)  = -1;

tabla_sev_aerop(i,j)  = Pmed_sev00(5);

```

```

        tabla_sev_aerop(i+1,j) = -1;
    end

end

end

% Se almacenan las tablas en el disco duro

% Municipios de Cádiz
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_chipiona.csv', tabla_chipiona, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_grazalema.csv', tabla_grazalema, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_jerez.csv', tabla_jerez, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_sanlucar.csv', tabla_sanlucar, 'delimiter', ';')

% Municipios de Córdoba
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_aguilar.csv', tabla_aguilar, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_cordoba.csv', tabla_cordoba, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_mencia.csv', tabla_mencia, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_rambla.csv', tabla_rambla, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_montoro.csv', tabla_montoro, 'delimiter', ';')

% Municipios de Huelva
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_alajar.csv', tabla_alajar, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_almonte.csv', tabla_almonte, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_huelva.csv', tabla_huelva, 'delimiter', ';')

% Municipios de Jaén
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_andujar.csv', tabla_andujar, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_cazorla.csv', tabla_cazorla, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_jaen.csv', tabla_jaen, 'delimiter', ';')

% Municipios de Sevilla
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_carmona.csv', tabla_carmona, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_cazalla.csv', tabla_cazalla, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_ecija.csv', tabla_ecija, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_sev_tab.csv', tabla_sev_tab, 'delimiter', ';')
dlmwrite('HIRLAM_2016_05_sev_aerop.csv', tabla_sev_aerop, 'delimiter', ';')

```

Código C.2 Función que dada una imagen, devuelve los valores de precipitación para cada municipio.

```

function [Pmed_cad,Pmed_cor,Pmed_hu,Pmed_ja,Pmed_sev]=precipitaciones(
    imagen_gif)

% Lee los colores RGB de la imagen, y los guarda en una matriz
[S,X]=imread(imagen_gif);
rgbImage = ind2rgb(S,X);

% Se colocan los puntos en en mapa en función de la longitud y latitud, y
% en algunos casos se ajustan para evitar errores

% Municipios de Cádiz

                %Longitud                Latitud
lugares_cad = [ 6+24/60+ 2/3600  36+45/60+ 0/3600; %Chipiona      i=1

```

```

5+22/60+27/3600    36+45/60+38/3600; %Grazalema    i=2
6+ 3/60+21/3600    36+45/60+ 2/3600; %Jerez Aerop. i=3
6+21/60+11/3600    36+46/60+33/3600]; %Sanlúcar    i=4

longitud_cad = lugares_cad(:,1);
latitud_cad = lugares_cad(:,2);

x_cad = 85+(7-longitud_cad(:))*104;
y_cad = 414-(latitud_cad(:)-36)*131;

x_cad(1)=x_cad(1)+1; %Corrección chipiona
y_cad(1)=y_cad(1)+1;

x_cad(4)=x_cad(4)+1; %Corrección sanlucar
y_cad(4)=y_cad(4)+2;

x_cad=round(x_cad);
y_cad=round(y_cad);

% Municipios de Córdoba

%Longitud    Latitud
lugares_cor = [ 4+41/60+ 9/3600  37+28/60+55/3600; %Aguilar    i=1
                4+50/60+48/3600  37+50/60+56/3600; %Córdoba Aerop. i=2
                4+21/60+14/3600  37+33/60+22/3600; %Doña Mencía i=3
                4+45/60+50/3600  37+38/60+19/3600; %La Rambla    i=4
                4+19/60+49/3600  38+ 0/60+48/3600]; %Montoro    i=5

longitud_cor = lugares_cor(:,1);
latitud_cor = lugares_cor(:,2);

x_cor = 85+(7-longitud_cor(:))*104;
y_cor = 414-(latitud_cor(:)-36)*131;

x_cor=round(x_cor);
y_cor=round(y_cor);

% Municipios de Huelva

%Longitud    Latitud
lugares_hu = [ 6+40/60+30/3600  37+52/60+ 7/3600; %Alajar    i=1
               6+26/60+35/3600  36+59/60+19/3600; %Almonte   i=2
               6+54/60+42/3600  37+16/60+42/3600]; %Huelva    i=3

longitud_hu = lugares_hu(:,1);
latitud_hu = lugares_hu(:,2);

x_hu = 85+(7-longitud_hu(:))*104;
y_hu = 414-(latitud_hu(:)-36)*131;

x_hu=round(x_hu);
y_hu=round(y_hu);

% Municipios de Jaén

%Longitud    Latitud

```

```

lugares_ja = [ 4+ 3/60+50/3600  38+ 1/60+23/3600; %Andújar      i=1
              3+ 0/60+14/3600  37+54/60+57/3600; %Cazorla       i=2
              3+48/60+32/3600  37+46/60+39/3600]; %Jaén        i=3

longitud_ja = lugares_ja(:,1);
latitud_ja = lugares_ja(:,2);

x_ja = 85+(7-longitud_ja(:))*104;
y_ja = 414-(latitud_ja(:)-36)*131;

x_ja(2)=x_ja(2)-1; %Corrección cazorla
y_ja(2)=y_ja(2);

x_ja(3)=x_ja(3)-1; %Corrección jaen
y_ja(3)=y_ja(3);

x_ja=round(x_ja);
y_ja=round(y_ja);

% Municipios de Sevilla

           %Longitud           Latitud
lugares_sev = [ 5+44/60+26/3600  37+33/60+56/3600; %Carmona      i=1
                5+45/60+31/3600  37+55/60+45/3600; %Cazalla      i=2
                5+ 5/60+ 6/3600  37+30/60+58/3600; %Écija        i=3
                6+ 0/60+21/3600  37+21/60+51/3600; %Sevilla Tab. i=4
                5+52/60+45/3600  37+25/60+ 0/3600]; %Sevilla Aerop. i=5

longitud_sev = lugares_sev(:,1);
latitud_sev = lugares_sev(:,2);

x_sev = 85+(7-longitud_sev(:))*104;
y_sev = 414-(latitud_sev(:)-36)*131;

x_sev=round(x_sev);
y_sev=round(y_sev);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% LECTURA COLORES %%%%%%%%%%
[red_cad,green_cad,blue_cad] = RGB(rgbImage,x_cad,y_cad);
[red_cor,green_cor,blue_cor] = RGB(rgbImage,x_cor,y_cor);
[red_sev,green_sev,blue_sev] = RGB(rgbImage,x_sev,y_sev);
[red_hu ,green_hu ,blue_hu ] = RGB(rgbImage,x_hu ,y_hu );
[red_ja ,green_ja ,blue_ja ] = RGB(rgbImage,x_ja ,y_ja );

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% PRECIPITACIONES %%%%%%%%%%
[Pmed_cad] = precip(red_cad,green_cad,blue_cad);
[Pmed_cor] = precip(red_cor,green_cor,blue_cor);
[Pmed_hu ] = precip(red_hu ,green_hu ,blue_hu );
[Pmed_ja ] = precip(red_ja ,green_ja ,blue_ja );
[Pmed_sev] = precip(red_sev,green_sev,blue_sev);

%% Función que das unas coordenadas (x,y) devuelve el color RGB
function [R,G,B]=RGB(rgbImage,x,y)

```

```

N=length(x);
for i=1:N;
    R(i,1) = rgbImage(y(i),x(i),1);
    G(i,1) = rgbImage(y(i),x(i),2);
    B(i,1) = rgbImage(y(i),x(i),3);
end
end

%% Función que dado un color RGB, proporciona un valor de precipitación
function [Pmed]=precip(R,G,B)
N=length(R);
Pmin(1:N,1) = -77;
Pmax(1:N,1) = -77;
for i=1:N
    if abs(R(i,1)-1)<0.001 && abs(G(i,1)-0.886)<0.001 && abs(B(i,1)-0.671)
        <0.001
        Pmin(i,1)=P(1,4); Pmax(i,1)=P(1,5); %%NADA
    elseif abs(R(i,1)-0)<0.001 && abs(G(i,1)-1)<0.001 && abs(B(i,1)-1)<0.001
        Pmin(i,1)=P(2,4); Pmax(i,1)=P(2,5); %%AZUL CLARO
    elseif abs(R(i,1)-0)<0.001 && abs(G(i,1)-0.6)<0.001 && abs(B(i,1)-1)<0.001
        Pmin(i,1)=P(3,4); Pmax(i,1)=P(3,5); %%AZUL MEDIO
    elseif abs(R(i,1)-0)<0.001 && abs(G(i,1)-0)<0.001 && abs(B(i,1)-1)<0.001
        Pmin(i,1)=P(4,4); Pmax(i,1)=P(4,5); %%AZUL OSCURO
    elseif abs(R(i,1)-1)<0.001 && abs(G(i,1)-1)<0.001 && abs(B(i,1)-0)<0.001
        Pmin(i,1)=P(5,4); Pmax(i,1)=P(5,5); %%AMARILLO
    elseif abs(R(i,1)-0.6)<0.001 && abs(G(i,1)-0.8)<0.001 && abs(B(i,1)-0.2)
        <0.001
        Pmin(i,1)=P(6,4); Pmax(i,1)=P(6,5); %%OLIVA
    elseif abs(R(i,1)-0)<0.001 && abs(G(i,1)-1)<0.001 && abs(B(i,1)-0)<0.001
        Pmin(i,1)=P(7,4); Pmax(i,1)=P(7,5); %%VERDE
    elseif abs(R(i,1)-1)<0.001 && abs(G(i,1)-0)<0.001 && abs(B(i,1)-0)<0.001
        Pmin(i,1)=P(8,4); Pmax(i,1)=P(8,5); %%ROJO
    elseif abs(R(i,1)-0)<0.001 && abs(G(i,1)-0)<0.001 && abs(B(i,1)-0)<0.001
        Pmin(i,1)=P(9,4); Pmax(i,1)=P(9,5); %%NEGRO
    end
    Pmed(i,1)=(Pmin(i,1)+Pmax(i,1))/2;
end
end
end

```

C.2 Programas para el tratamiento de datos

Para cada análisis, se ha creado un programa que lee los datos de los diferentes ".csv", y trata los datos según interese. La lectura se realiza mediante funciones auxiliares, que también se mostrarán en este apéndice, junto con un programa para análisis de variables dicotómicas y otro de variables continuas.

Código C.3 Programa para el análisis general.

```

close all; clear all; clc;

%% DEFINICIÓN DE FECHAS

f1 =[2016, 5,04,2,0,0];

```

```

f2 =[2016, 5,15,2,0,0];

%% LUGARES DE ESTUDIO
lugares = {'Chipiona','Jerez de la Frontera','Grazalema',...
           'Aguilar de la Frontera','Córdoba','Doña Mencía','La Rambla',...
           'Montoro','Alájar','Almonte','Huelva','Andújar','Jaén',...
           'Carmona','Cazalla de la Sierra','Écija','Sevilla Aeropuerto',...
           'Sevilla Tablada','Sanlúcar de Barrameda','Cazorla'};

%% OBTENCIÓN DE DATOS
[datos_H00, datos_H12, fechas_H] = HIRLAM_verano(f1,f2);
[datos_est, fechas_est]          = estacion_verano(f1,f2);
[datos_M00, datos_M12, fechas_M] = predicmuni(f1,f2);

%% DEFINIR SI EL MODELO/ESTACIÓN DA LLUVIA O NO
flag_est = 0; flag_H00 = 0; flag_H12 = 0; flag_M00 = 0; flag_M12 = 0;
a_H00 = 0; b_H00 = 0; c_H00 = 0; d_H00 = 0;
a_H12 = 0; b_H12 = 0; c_H12 = 0; d_H12 = 0;
a_M00 = 0; b_M00 = 0; c_M00 = 0; d_M00 = 0;
a_M12 = 0; b_M12 = 0; c_M12 = 0; d_M12 = 0;

for i = 1:length(fechas_H)
    for j = 1:(length(lugares)-3)
        if datos_est(i,j)>0
            flag_est = 1;
        elseif datos_est(i,j)==0
            flag_est = 0;
        else
            flag_est = -1;
        end
        if datos_H00(i,j)>0
            flag_H00 = 1;
        elseif datos_H00(i,j)==0
            flag_H00 = 0;
        else
            flag_H00 = -1;
        end
        if datos_H12(i,j)>0
            flag_H12 = 1;
        elseif datos_H12(i,j)==0
            flag_H12 = 0;
        else
            flag_H12 = -1;
        end
        if datos_M00(i,j)>0
            flag_M00 = 1;
        elseif datos_M00(i,j)==0
            flag_M00 = 0;
        else
            flag_M00 = -1;
        end
        if datos_M12(i,j)>0
            flag_M12 = 1;
        elseif datos_M12(i,j)==0

```

```

        flag_M12 = 0;
    else
        flag_M12 = -1;
    end

    % CÁLCULO DE a,b,c,d
    switch flag_est
    case 1
        switch flag_H00
        case 1
            a_H00 = a_H00 + 1;
        case 0
            c_H00 = c_H00 + 1;
        end
        switch flag_H12
        case 1
            a_H12 = a_H12 + 1;
        case 0
            c_H12 = c_H12 + 1;
        end
        switch flag_M00
        case 1
            a_M00 = a_M00 + 1;
        case 0
            c_M00 = c_M00 + 1;
        end
        switch flag_M12
        case 1
            a_M12 = a_M12 + 1;
        case 0
            c_M12 = c_M12 + 1;
        end
    case 0
        switch flag_H00
        case 1
            b_H00 = b_H00 + 1;
        case 0
            d_H00 = d_H00 + 1;
        end
        switch flag_H12
        case 1
            b_H12 = b_H12 + 1;
        case 0
            d_H12 = d_H12 + 1;
        end
        switch flag_M00
        case 1
            b_M00 = b_M00 + 1;
        case 0
            d_M00 = d_M00 + 1;
        end
        switch flag_M12
        case 1
            b_M12 = b_M12 + 1;
        case 0
            d_M12 = d_M12 + 1;
        end
    end
end

```



```

        end
    end
end

%% TABLADA

for i = 1:length(fechas_H)
    if datos_est(i,18)>0
        flag_est = 1;
    elseif datos_est(i,18)==0
        flag_est = 0;
    else
        flag_est = -1;
    end
    if datos_H00(i,18)>0
        flag_H00 = 1;
    elseif datos_H00(i,18)==0
        flag_H00 = 0;
    else
        flag_H00 = -1;
    end
    if datos_H12(i,18)>0
        flag_H12 = 1;
    elseif datos_H12(i,18)==0
        flag_H12 = 0;
    else
        flag_H12 = -1;
    end
    if datos_M00(i,17)>0
        flag_M00 = 1;
    elseif datos_M00(i,17)==0
        flag_M00 = 0;
    else
        flag_M00 = -1;
    end
    if datos_M12(i,17)>0
        flag_M12 = 1;
    elseif datos_M12(i,17)==0
        flag_M12 = 0;
    else
        flag_M12 = -1;
    end
end

% CÁLCULO DE a,b,c,d
switch flag_est
    case 1
        switch flag_H00
            case 1
                a_H00 = a_H00 + 1;
            case 0
                c_H00 = c_H00 + 1;
            end
        switch flag_H12
            case 1
                a_H12 = a_H12 + 1;

```

```

        case 0
            c_H12 = c_H12 + 1;
        end
        switch flag_M00
            case 1
                a_M00 = a_M00 + 1;
            case 0
                c_M00 = c_M00 + 1;
            end
        switch flag_M12
            case 1
                a_M12 = a_M12 + 1;
            case 0
                c_M12 = c_M12 + 1;
            end
        case 0
            switch flag_H00
                case 1
                    b_H00 = b_H00 + 1;
                case 0
                    d_H00 = d_H00 + 1;
            end
            switch flag_H12
                case 1
                    b_H12 = b_H12 + 1;
                case 0
                    d_H12 = d_H12 + 1;
            end
            switch flag_M00
                case 1
                    b_M00 = b_M00 + 1;
                case 0
                    d_M00 = d_M00 + 1;
            end
            switch flag_M12
                case 1
                    b_M12 = b_M12 + 1;
                case 0
                    d_M12 = d_M12 + 1;
            end
        end
    end

end

%% CAZORLA

% OBTENIÓ DE LAS MATRICES DE ERRORES
for i = 1:length(fechas_H)
    if datos_est(i,19)>0
        flag_est = 1;
    elseif datos_est(i,19)==0
        flag_est = 0;
    else
        flag_est = -1;
    end
    if datos_H00(i,20)>0

```

```

        flag_H00 = 1;
    elseif datos_H00(i,20)==0
        flag_H00 = 0;
    else
        flag_H00 = -1;
    end
    if datos_H12(i,20)>0
        flag_H12 = 1;
    elseif datos_H12(i,20)==0
        flag_H12 = 0;
    else
        flag_H12 = -1;
    end
    if datos_M00(i,19)>0
        flag_M00 = 1;
    elseif datos_M00(i,19)==0
        flag_M00 = 0;
    else
        flag_M00 = -1;
    end
    if datos_M12(i,19)>0
        flag_M12 = 1;
    elseif datos_M12(i,19)==0
        flag_M12 = 0;
    else
        flag_M12 = -1;
    end
end

% CÁLCULO DE a,b,c,d
switch flag_est
    case 1
        switch flag_H00
            case 1
                a_H00 = a_H00 + 1;
            case 0
                c_H00 = c_H00 + 1;
            end
        switch flag_H12
            case 1
                a_H12 = a_H12 + 1;
            case 0
                c_H12 = c_H12 + 1;
            end
        switch flag_M00
            case 1
                a_M00 = a_M00 + 1;
            case 0
                c_M00 = c_M00 + 1;
            end
        switch flag_M12
            case 1
                a_M12 = a_M12 + 1;
            case 0
                c_M12 = c_M12 + 1;
            end
        end
    case 0
        switch flag_H00

```

```

        case 1
            b_H00 = b_H00 + 1;
        case 0
            d_H00 = d_H00 + 1;
        end
    switch flag_H12
        case 1
            b_H12 = b_H12 + 1;
        case 0
            d_H12 = d_H12 + 1;
        end
    switch flag_M00
        case 1
            b_M00 = b_M00 + 1;
        case 0
            d_M00 = d_M00 + 1;
        end
    switch flag_M12
        case 1
            b_M12 = b_M12 + 1;
        case 0
            d_M12 = d_M12 + 1;
        end
    end
end

end

tabla_H00 = [a_H00 b_H00 c_H00 d_H00];
tabla_H12 = [a_H12 b_H12 c_H12 d_H12];
tabla_M00 = [a_M00 b_M00 c_M00 d_M00];
tabla_M12 = [a_M12 b_M12 c_M12 d_M12];

xlswrite('ciclo_1.xlsx',[tabla_H00 tabla_H12'],'si-no','B2:C5')
xlswrite('ciclo_1.xlsx',[tabla_M00 tabla_M12'],'si-no','J2:k5')

% Todas las tasas se calculan en excel

```

Código C.4 Programa para el análisis por niveles y zonas.

```

close all; clear all; clc;

%% DEFINICIÓN DE LAS FECHAS
f1 =[2016, 5,04,2,0,0];
f2 =[2016, 5,15,2,0,0];
hora_ini = 1;
hora_fin = 19;

%% LUGARES DE ESTUDIO
lugares = {'Chipiona','Jerez de la Frontera', 'Grazalema',...
            'Aguilar de la Frontera','Córdoba','Doña Mencía','La Rambla',...
            'Montoro','Alájar','Almonte','Huelva' , 'Andújar','Jaén',...
            'Carmona','Cazalla de la Sierra','Écija','Sevilla Aeropuerto',...
            'Sevilla Tablada','Sanlúcar de Barrameda','Cazorla'};

zona = {'costa','valle','sierra','sierra','valle','sierra','valle',...

```

```
'valle','sierra','costa','costa','valle','sierra','valle',...
'sierra','valle','valle','valle','costa','sierra'};
```

%% OBTENCIÓN DE DATOS

```
[datos_H00, datos_H12, fechas_H] = HIRLAM_verano(f1,f2);
[datos_est, fechas_est] = estacion_verano(f1,f2);
[datos_M00, datos_M12, fechas_M] = predicmuni(f1,f2);
```

%% CREACIÓN DE LAS MATRICES DE ERRORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS

```
for i = 1:length(fechas_H)
    for j = 1:(length(lugares)-3)
        if datos_H00(i,j)>=0 && datos_est(i,j)>0
            E_H00(i,j) = abs(datos_H00(i,j)-datos_est(i,j));
            e_H00(i,j) = 100*E_H00(i,j)/datos_est(i,j);
        else
            E_H00(i,j) = -1;
            e_H00(i,j) = -1;
        end
        if datos_H12(i,j)>=0 && datos_est(i,j)>0
            E_H12(i,j) = abs(datos_H12(i,j)-datos_est(i,j));
            e_H12(i,j) = 100*E_H12(i,j)/datos_est(i,j);
        else
            E_H12(i,j) = -1;
            e_H12(i,j) = -1;
        end
        if datos_RS(i,j)>=0 && datos_est(i,j)>0
            E_RS(i,j) = abs(datos_RS(i,j)-datos_est(i,j));
            e_RS(i,j) = 100*E_RS(i,j)/datos_est(i,j);
        else
            E_RS(i,j) = -1;
            e_RS(i,j) = -1;
        end
        if datos_RM(i,j)>=0 && datos_est(i,j)>0
            E_RM(i,j) = abs(datos_RM(i,j)-datos_est(i,j));
            e_RM(i,j) = 100*E_RM(i,j)/datos_est(i,j);
        else
            E_RM(i,j) = -1;
            e_RM(i,j) = -1;
        end
        if datos_M00(i,j)>=0 && datos_est(i,j)>0
            E_M00(i,j) = abs(datos_M00(i,j)-datos_est(i,j));
            e_M00(i,j) = 100*E_M00(i,j)/datos_est(i,j);
        else
            E_M00(i,j) = -1;
            e_M00(i,j) = -1;
        end
        if datos_M12(i,j)>=0 && datos_est(i,j)>0
            E_M12(i,j) = abs(datos_M12(i,j)-datos_est(i,j));
            e_M12(i,j) = 100*E_M12(i,j)/datos_est(i,j);
        else
            E_M12(i,j) = -1;
            e_M12(i,j) = -1;
        end
    end
end
end
```

%% CLASIFICACIÓN DE LOS EPISODIOS

```
n1s_H00 = 0; n2s_H00 = 0; n3s_H00 = 0; n4s_H00 = 0; n5s_H00 = 0;
n1v_H00 = 0; n2v_H00 = 0; n3v_H00 = 0; n4v_H00 = 0; n5v_H00 = 0;
n1c_H00 = 0; n2c_H00 = 0; n3c_H00 = 0; n4c_H00 = 0; n5c_H00 = 0;
```

```
n1s_H12 = 0; n2s_H12 = 0; n3s_H12 = 0; n4s_H12 = 0; n5s_H12 = 0;
n1v_H12 = 0; n2v_H12 = 0; n3v_H12 = 0; n4v_H12 = 0; n5v_H12 = 0;
n1c_H12 = 0; n2c_H12 = 0; n3c_H12 = 0; n4c_H12 = 0; n5c_H12 = 0;
```

```
n1s_RM = 0; n2s_RM = 0; n3s_RM = 0; n4s_RM = 0; n5s_RM = 0;
n1v_RM = 0; n2v_RM = 0; n3v_RM = 0; n4v_RM = 0; n5v_RM = 0;
n1c_RM = 0; n2c_RM = 0; n3c_RM = 0; n4c_RM = 0; n5c_RM = 0;
```

```
n1s_RS = 0; n2s_RS = 0; n3s_RS = 0; n4s_RS = 0; n5s_RS = 0;
n1v_RS = 0; n2v_RS = 0; n3v_RS = 0; n4v_RS = 0; n5v_RS = 0;
n1c_RS = 0; n2c_RS = 0; n3c_RS = 0; n4c_RS = 0; n5c_RS = 0;
```

```
n1s_M00 = 0; n2s_M00 = 0; n3s_M00 = 0; n4s_M00 = 0; n5s_M00 = 0;
n1v_M00 = 0; n2v_M00 = 0; n3v_M00 = 0; n4v_M00 = 0; n5v_M00 = 0;
n1c_M00 = 0; n2c_M00 = 0; n3c_M00 = 0; n4c_M00 = 0; n5c_M00 = 0;
```

```
n1s_M12 = 0; n2s_M12 = 0; n3s_M12 = 0; n4s_M12 = 0; n5s_M12 = 0;
n1v_M12 = 0; n2v_M12 = 0; n3v_M12 = 0; n4v_M12 = 0; n5v_M12 = 0;
n1c_M12 = 0; n2c_M12 = 0; n3c_M12 = 0; n4c_M12 = 0; n5c_M12 = 0;
```

```
aciertos_1s_H00 = 0; aciertos_1s_H12 = 0;
aciertos_1s_M00 = 0; aciertos_1s_M12 = 0;
aciertos_1v_H00 = 0; aciertos_1v_H12 = 0;
aciertos_1v_M00 = 0; aciertos_1v_M12 = 0;
aciertos_1c_H00 = 0; aciertos_1c_H12 = 0;
aciertos_1c_M00 = 0; aciertos_1c_M12 = 0;
```

```
aciertos_2s_H00 = 0; aciertos_2s_H12 = 0;
aciertos_2s_M00 = 0; aciertos_2s_M12 = 0;
aciertos_2v_H00 = 0; aciertos_2v_H12 = 0;
aciertos_2v_M00 = 0; aciertos_2v_M12 = 0;
aciertos_2c_H00 = 0; aciertos_2c_H12 = 0;
aciertos_2c_M00 = 0; aciertos_2c_M12 = 0;
```

```
aciertos_3s_H00 = 0; aciertos_3s_H12 = 0;
aciertos_3s_M00 = 0; aciertos_3s_M12 = 0;
aciertos_3v_H00 = 0; aciertos_3v_H12 = 0;
aciertos_3v_M00 = 0; aciertos_3v_M12 = 0;
aciertos_3c_H00 = 0; aciertos_3c_H12 = 0;
aciertos_3c_M00 = 0; aciertos_3c_M12 = 0;
```

```
aciertos_4s_H00 = 0; aciertos_4s_H12 = 0;
aciertos_4s_M00 = 0; aciertos_4s_M12 = 0;
aciertos_4v_H00 = 0; aciertos_4v_H12 = 0;
aciertos_4v_M00 = 0; aciertos_4v_M12 = 0;
aciertos_4c_H00 = 0; aciertos_4c_H12 = 0;
aciertos_4c_M00 = 0; aciertos_4c_M12 = 0;
```

```
aciertos_5s_H00 = 0; aciertos_5s_H12 = 0;
aciertos_5s_M00 = 0; aciertos_5s_M12 = 0;
aciertos_5v_H00 = 0; aciertos_5v_H12 = 0;
```

```

aciertos_5v_M00 = 0; aciertos_5v_M12 = 0;
aciertos_5c_H00 = 0; aciertos_5c_H12 = 0;
aciertos_5c_M00 = 0; aciertos_5c_M12 = 0;

flag_H00 = 0; flag_H12 = 0; flag_M00 = 0; flag_M12 = 0;

for i = 1:length(fechas_H)
    for j = 1:(length(lugares)-3)

        if e_H00(i,j)<=50 && e_H00(i,j)>=0
            flag_H00 = 1;
        elseif e_H00(i,j)>50
            flag_H00 = 0;
        end
        if e_H12(i,j)<=50 && e_H12(i,j)>=0
            flag_H12 = 1;
        elseif e_H12(i,j)>50
            flag_H12 = 0;
        end
        if e_M00(i,j)<=50 && e_M00(i,j)>=0
            flag_M00 = 1;
        elseif e_M00(i,j)>50
            flag_M00 = 0;
        end
        if e_M12(i,j)<=50 && e_M12(i,j)>=0
            flag_M12 = 1;
        elseif e_M12(i,j)>50
            flag_M12 = 0;
        end
    end
    %% CÁLCULO DE ACIERTOS
    %%HIRLAM OOUTC
    if datos_est(i,j)>=0.1 && datos_est(i,j)<=1.5 && e_H00(i,j)>=0
        switch zona{j}
            case 'valle'
                n1v_H00 = n1v_H00+1;
                aciertos_1v_H00 = aciertos_1v_H00 + flag_H00;
            case 'sierra'
                n1s_H00 = n1s_H00+1;
                aciertos_1s_H00 = aciertos_1s_H00 + flag_H00;
            case 'costa'
                n1c_H00 = n1c_H00+1;
                aciertos_1c_H00 = aciertos_1c_H00 + flag_H00;
        end
    elseif datos_est(i,j)>1.5 && datos_est(i,j)<=3 && e_H00(i,j)>=0
        switch zona{j}
            case 'valle'
                n2v_H00 = n2v_H00+1;
                aciertos_2v_H00 = aciertos_2v_H00 + flag_H00;
            case 'sierra'
                n2s_H00 = n2s_H00+1;
                aciertos_2s_H00 = aciertos_2s_H00 + flag_H00;
            case 'costa'
                n2c_H00 = n2c_H00+1;
                aciertos_2c_H00 = aciertos_2c_H00 + flag_H00;
        end
    elseif datos_est(i,j)>3 && datos_est(i,j)<=6 && e_H00(i,j)>=0

```

```

switch zona{j}
    case 'valle'
        n3v_H00 = n3v_H00+1;
        aciertos_3v_H00 = aciertos_3v_H00 + flag_H00;
    case 'sierra'
        n3s_H00 = n3s_H00+1;
        aciertos_3s_H00 = aciertos_3s_H00 + flag_H00;
    case 'costa'
        n3c_H00 = n3c_H00+1;
        aciertos_3c_H00 = aciertos_3c_H00 + flag_H00;
end
elseif datos_est(i,j)>6 && datos_est(i,j)<=12 && e_H00(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n4v_H00 = n4v_H00+1;
            aciertos_4v_H00 = aciertos_4v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'
            n4s_H00 = n4s_H00+1;
            aciertos_4s_H00 = aciertos_4s_H00 + flag_H00;
        case 'costa'
            n4c_H00 = n4c_H00+1;
            aciertos_4c_H00 = aciertos_4c_H00 + flag_H00;
    end
elseif datos_est(i,j)>12 && e_H00(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n5v_H00 = n5v_H00+1;
            aciertos_5v_H00 = aciertos_5v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'
            n5s_H00 = n5s_H00+1;
            aciertos_5s_H00 = aciertos_5s_H00 + flag_H00;
        case 'costa'
            n5c_H00 = n5c_H00+1;
            aciertos_5c_H00 = aciertos_5c_H00 + flag_H00;
    end
end
%HIRLAM 12UTC
if datos_est(i,j)>=0.1 && datos_est(i,j)<=1.5 && e_H12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n1v_H12 = n1v_H12+1;
            aciertos_1v_H12 = aciertos_1v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n1s_H12 = n1s_H12+1;
            aciertos_1s_H12 = aciertos_1s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n1c_H12 = n1c_H12+1;
            aciertos_1c_H12 = aciertos_1c_H12 + flag_H12;
    end
elseif datos_est(i,j)>1.5 && datos_est(i,j)<=3 && e_H12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n2v_H12 = n2v_H12+1;
            aciertos_2v_H12 = aciertos_2v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n2s_H12 = n2s_H12+1;
            aciertos_2s_H12 = aciertos_2s_H12 + flag_H12;

```



```

        case 'costa'
            n2c_H12 = n2c_H12+1;
            aciertos_2c_H12 = aciertos_2c_H12 + flag_H12;
        end
elseif datos_est(i,j)>3 && datos_est(i,j)<=6 && e_H12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n3v_H12 = n3v_H12+1;
            aciertos_3v_H12 = aciertos_3v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n3s_H12 = n3s_H12+1;
            aciertos_3s_H12 = aciertos_3s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n3c_H12 = n3c_H12+1;
            aciertos_3c_H12 = aciertos_3c_H12 + flag_H12;
        end
elseif datos_est(i,j)>6 && datos_est(i,j)<=12 && e_H12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n4v_H12 = n4v_H12+1;
            aciertos_4v_H12 = aciertos_4v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n4s_H12 = n4s_H12+1;
            aciertos_4s_H12 = aciertos_4s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n4c_H12 = n4c_H12+1;
            aciertos_4c_H12 = aciertos_4c_H12 + flag_H12;
        end
elseif datos_est(i,j)>12 && e_H12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n5v_H12 = n5v_H12+1;
            aciertos_5v_H12 = aciertos_5v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n5s_H12 = n5s_H12+1;
            aciertos_5s_H12 = aciertos_5s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n5c_H12 = n5c_H12+1;
            aciertos_5c_H12 = aciertos_5c_H12 + flag_H12;
        end
    end
end
%POR HORAS 00UTC
if datos_est(i,j)>=0.1 && datos_est(i,j)<=1.5 && e_M00(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n1v_M00 = n1v_M00+1;
            aciertos_1v_M00 = aciertos_1v_M00 + flag_M00;
        case 'sierra'
            n1s_M00 = n1s_M00+1;
            aciertos_1s_M00 = aciertos_1s_M00 + flag_M00;
        case 'costa'
            n1c_M00 = n1c_M00+1;
            aciertos_1c_M00 = aciertos_1c_M00 + flag_M00;
        end
    end
elseif datos_est(i,j)>1.5 && datos_est(i,j)<=3 && e_M00(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'

```

```

        n2v_M00 = n2v_M00+1;
        aciertos_2v_M00 = aciertos_2v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n2s_M00 = n2s_M00+1;
        aciertos_2s_M00 = aciertos_2s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n2c_M00 = n2c_M00+1;
        aciertos_2c_M00 = aciertos_2c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,j)>3 && datos_est(i,j)<=6 && e_M00(i,j)>=0
    switch zona{j}
    case 'valle'
        n3v_M00 = n3v_M00+1;
        aciertos_3v_M00 = aciertos_3v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n3s_M00 = n3s_M00+1;
        aciertos_3s_M00 = aciertos_3s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n3c_M00 = n3c_M00+1;
        aciertos_3c_M00 = aciertos_3c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,j)>6 && datos_est(i,j)<=12 && e_M00(i,j)>=0
    switch zona{j}
    case 'valle'
        n4v_M00 = n4v_M00+1;
        aciertos_4v_M00 = aciertos_4v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n4s_M00 = n4s_M00+1;
        aciertos_4s_M00 = aciertos_4s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n4c_M00 = n4c_M00+1;
        aciertos_4c_M00 = aciertos_4c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,j)>12 && e_M00(i,j)>=0
    switch zona{j}
    case 'valle'
        n5v_M00 = n5v_M00+1;
        aciertos_5v_M00 = aciertos_5v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n5s_M00 = n5s_M00+1;
        aciertos_5s_M00 = aciertos_5s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n5c_M00 = n5c_M00+1;
        aciertos_5c_M00 = aciertos_5c_M00 + flag_M00;
    end
end
end
%POR HORAS 12UTC
if datos_est(i,j)>=0.1 && datos_est(i,j)<=1.5 && e_M12(i,j)>=0
    switch zona{j}
    case 'valle'
        n1v_M12 = n1v_M12+1;
        aciertos_1v_M12 = aciertos_1v_M12 + flag_M12;
    case 'sierra'
        n1s_M12 = n1s_M12+1;
        aciertos_1s_M12 = aciertos_1s_M12 + flag_M12;
    case 'costa'
        n1c_M12 = n1c_M12+1;

```

```

        aciertos_1c_M12 = aciertos_1c_M12 + flag_M12;
    end
elseif datos_est(i,j)>1.5 && datos_est(i,j)<=3 && e_M12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n2v_M12 = n2v_M12+1;
            aciertos_2v_M12 = aciertos_2v_M12 + flag_M12;
        case 'sierra'
            n2s_M12 = n2s_M12+1;
            aciertos_2s_M12 = aciertos_2s_M12 + flag_M12;
        case 'costa'
            n2c_M12 = n2c_M12+1;
            aciertos_2c_M12 = aciertos_2c_M12 + flag_M12;
        end
elseif datos_est(i,j)>3 && datos_est(i,j)<=6 && e_M12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n3v_M12 = n3v_M12+1;
            aciertos_3v_M12 = aciertos_3v_M12 + flag_M12;
        case 'sierra'
            n3s_M12 = n3s_M12+1;
            aciertos_3s_M12 = aciertos_3s_M12 + flag_M12;
        case 'costa'
            n3c_M12 = n3c_M12+1;
            aciertos_3c_M12 = aciertos_3c_M12 + flag_M12;
        end
elseif datos_est(i,j)>6 && datos_est(i,j)<=12 && e_M12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n4v_M12 = n4v_M12+1;
            aciertos_4v_M12 = aciertos_4v_M12 + flag_M12;
        case 'sierra'
            n4s_M12 = n4s_M12+1;
            aciertos_4s_M12 = aciertos_4s_M12 + flag_M12;
        case 'costa'
            n4c_M12 = n4c_M12+1;
            aciertos_4c_M12 = aciertos_4c_M12 + flag_M12;
        end
elseif datos_est(i,j)>12 && e_M12(i,j)>=0
    switch zona{j}
        case 'valle'
            n5v_M12 = n5v_M12+1;
            aciertos_5v_M12 = aciertos_5v_M12 + flag_M12;
        case 'sierra'
            n5s_M12 = n5s_M12+1;
            aciertos_5s_M12 = aciertos_5s_M12 + flag_M12;
        case 'costa'
            n5c_M12 = n5c_M12+1;
            aciertos_5c_M12 = aciertos_5c_M12 + flag_M12;
        end
    end
end
end
end
end

```

```

%% TABLADA

% OBTENIÓIN DE LAS MATRICES DE ERRORES
for i = 1:length(fechas_H)
    if datos_H00(i,18)>=0 && datos_est(i,18)>0
        E_H00(i,18) = abs(datos_H00(i,18)-datos_est(i,18));
        e_H00(i,18) = 100*E_H00(i,18)/datos_est(i,18);
    else
        E_H00(i,18) = -1;
        e_H00(i,18) = -1;
    end
    if datos_H12(i,18)>=0 && datos_est(i,18)>0
        E_H12(i,18) = abs(datos_H12(i,18)-datos_est(i,18));
        e_H12(i,18) = 100*E_H12(i,18)/datos_est(i,18);
    else
        E_H12(i,18) = -1;
        e_H12(i,18) = -1;
    end
    if datos_M00(i,17)>=0 && datos_est(i,18)>0
        E_M00(i,18) = abs(datos_M00(i,17)-datos_est(i,18));
        e_M00(i,18) = 100*E_M00(i,18)/datos_est(i,18);
    else
        E_M00(i,18) = -1;
        e_M00(i,18) = -1;
    end
    if datos_M12(i,17)>=0 && datos_est(i,18)>0
        E_M12(i,17) = abs(datos_M12(i,17)-datos_est(i,18));
        e_M12(i,18) = 100*E_M12(i,18)/datos_est(i,18);
    else
        E_M12(i,18) = -1;
        e_M12(i,18) = -1;
    end
end

for i = 1:length(fechas_H)
    if e_H00(i,18)<=50 && e_H00(i,18)>=0
        flag_H00 = 1;
    elseif e_H00(i,18)>50
        flag_H00 = 0;
    end
    if e_H12(i,18)<=50 && e_H12(i,18)>=0
        flag_H12 = 1;
    elseif e_H12(i,18)>50
        flag_H12 = 0;
    end
    if e_M00(i,18)<=50 && e_M00(i,17)>=0
        flag_M00 = 1;
    elseif e_M00(i,18)>50
        flag_M00 = 0;
    end
    if e_M12(i,18)<=50 && e_M12(i,17)>=0
        flag_M12 = 1;
    elseif e_M12(i,18)>50
        flag_M12 = 0;
    end
end

```

```

% CÁLCULO DE ACIERTOS
%   HIRLAM OOUTC
if datos_est(i,18)>=0.1 && datos_est(i,18)<=1.5 && e_H00(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n1v_H00 = n1v_H00+1;
            aciertos_1v_H00 = aciertos_1v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'
            n1s_H00 = n1s_H00+1;
            aciertos_1s_H00 = aciertos_1s_H00 + flag_H00;
        case 'costa'
            n1c_H00 = n1c_H00+1;
            aciertos_1c_H00 = aciertos_1c_H00 + flag_H00;
    end
elseif datos_est(i,18)>1.5 && datos_est(i,18)<=3 && e_H00(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n2v_H00 = n2v_H00+1;
            aciertos_2v_H00 = aciertos_2v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'
            n2s_H00 = n2s_H00+1;
            aciertos_2s_H00 = aciertos_2s_H00 + flag_H00;
        case 'costa'
            n2c_H00 = n2c_H00+1;
            aciertos_2c_H00 = aciertos_2c_H00 + flag_H00;
    end
elseif datos_est(i,18)>3 && datos_est(i,18)<=6 && e_H00(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n3v_H00 = n3v_H00+1;
            aciertos_3v_H00 = aciertos_3v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'
            n3s_H00 = n3s_H00+1;
            aciertos_3s_H00 = aciertos_3s_H00 + flag_H00;
        case 'costa'
            n3c_H00 = n3c_H00+1;
            aciertos_3c_H00 = aciertos_3c_H00 + flag_H00;
    end
elseif datos_est(i,18)>6 && datos_est(i,18)<=12 && e_H00(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n4v_H00 = n4v_H00+1;
            aciertos_4v_H00 = aciertos_4v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'
            n4s_H00 = n4s_H00+1;
            aciertos_4s_H00 = aciertos_4s_H00 + flag_H00;
        case 'costa'
            n4c_H00 = n4c_H00+1;
            aciertos_4c_H00 = aciertos_4c_H00 + flag_H00;
    end
elseif datos_est(i,18)>12 && e_H00(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n5v_H00 = n5v_H00+1;
            aciertos_5v_H00 = aciertos_5v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'

```

```

        n5s_H00 = n5s_H00+1;
        aciertos_5s_H00 = aciertos_5s_H00 + flag_H00;
    case 'costa'
        n5c_H00 = n5c_H00+1;
        aciertos_5c_H00 = aciertos_5c_H00 + flag_H00;
    end
end
% HIRLAM 12UTC
if datos_est(i,18)>=0.1 && datos_est(i,18)<=1.5 && e_H12(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n1v_H12 = n1v_H12+1;
            aciertos_1v_H12 = aciertos_1v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n1s_H12 = n1s_H12+1;
            aciertos_1s_H12 = aciertos_1s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n1c_H12 = n1c_H12+1;
            aciertos_1c_H12 = aciertos_1c_H12 + flag_H12;
        end
    elseif datos_est(i,18)>1.5 && datos_est(i,18)<=3 && e_H12(i,18)>=0
        switch zona{18}
            case 'valle'
                n2v_H12 = n2v_H12+1;
                aciertos_2v_H12 = aciertos_2v_H12 + flag_H12;
            case 'sierra'
                n2s_H12 = n2s_H12+1;
                aciertos_2s_H12 = aciertos_2s_H12 + flag_H12;
            case 'costa'
                n2c_H12 = n2c_H12+1;
                aciertos_2c_H12 = aciertos_2c_H12 + flag_H12;
            end
        elseif datos_est(i,18)>3 && datos_est(i,18)<=6 && e_H12(i,18)>=0
            switch zona{18}
                case 'valle'
                    n3v_H12 = n3v_H12+1;
                    aciertos_3v_H12 = aciertos_3v_H12 + flag_H12;
                case 'sierra'
                    n3s_H12 = n3s_H12+1;
                    aciertos_3s_H12 = aciertos_3s_H12 + flag_H12;
                case 'costa'
                    n3c_H12 = n3c_H12+1;
                    aciertos_3c_H12 = aciertos_3c_H12 + flag_H12;
                end
            elseif datos_est(i,18)>6 && datos_est(i,18)<=12 && e_H12(i,18)>=0
                switch zona{18}
                    case 'valle'
                        n4v_H12 = n4v_H12+1;
                        aciertos_4v_H12 = aciertos_4v_H12 + flag_H12;
                    case 'sierra'
                        n4s_H12 = n4s_H12+1;
                        aciertos_4s_H12 = aciertos_4s_H12 + flag_H12;
                    case 'costa'
                        n4c_H12 = n4c_H12+1;
                        aciertos_4c_H12 = aciertos_4c_H12 + flag_H12;
                    end
                elseif datos_est(i,18)>12 && e_H12(i,18)>=0

```

```

switch zona{18}
case 'valle'
    n5v_H12 = n5v_H12+1;
    aciertos_5v_H12 = aciertos_5v_H12 + flag_H12;
case 'sierra'
    n5s_H12 = n5s_H12+1;
    aciertos_5s_H12 = aciertos_5s_H12 + flag_H12;
case 'costa'
    n5c_H12 = n5c_H12+1;
    aciertos_5c_H12 = aciertos_5c_H12 + flag_H12;
end
end
% POR HORAS OOUTC
if datos_est(i,18)>=0.1 && datos_est(i,18)<=1.5 && e_M00(i,18)>=0
    switch zona{18}
    case 'valle'
        n1v_M00 = n1v_M00+1;
        aciertos_1v_M00 = aciertos_1v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n1s_M00 = n1s_M00+1;
        aciertos_1s_M00 = aciertos_1s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n1c_M00 = n1c_M00+1;
        aciertos_1c_M00 = aciertos_1c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,18)>1.5 && datos_est(i,18)<=3 && e_M00(i,18)>=0
    switch zona{18}
    case 'valle'
        n2v_M00 = n2v_M00+1;
        aciertos_2v_M00 = aciertos_2v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n2s_M00 = n2s_M00+1;
        aciertos_2s_M00 = aciertos_2s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n2c_M00 = n2c_M00+1;
        aciertos_2c_M00 = aciertos_2c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,18)>3 && datos_est(i,18)<=6 && e_M00(i,18)>=0
    switch zona{18}
    case 'valle'
        n3v_M00 = n3v_M00+1;
        aciertos_3v_M00 = aciertos_3v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n3s_M00 = n3s_M00+1;
        aciertos_3s_M00 = aciertos_3s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n3c_M00 = n3c_M00+1;
        aciertos_3c_M00 = aciertos_3c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,18)>6 && datos_est(i,18)<=12 && e_M00(i,18)>=0
    switch zona{18}
    case 'valle'
        n4v_M00 = n4v_M00+1;
        aciertos_4v_M00 = aciertos_4v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n4s_M00 = n4s_M00+1;
        aciertos_4s_M00 = aciertos_4s_M00 + flag_M00;

```

```

        case 'costa'
            n4c_M00 = n4c_M00+1;
            aciertos_4c_M00 = aciertos_4c_M00 + flag_M00;
        end
    elseif datos_est(i,18)>12 && e_M00(i,18)>=0
        switch zona{18}
            case 'valle'
                n5v_M00 = n5v_M00+1;
                aciertos_5v_M00 = aciertos_5v_M00 + flag_M00;
            case 'sierra'
                n5s_M00 = n5s_M00+1;
                aciertos_5s_M00 = aciertos_5s_M00 + flag_M00;
            case 'costa'
                n5c_M00 = n5c_M00+1;
                aciertos_5c_M00 = aciertos_5c_M00 + flag_M00;
        end
    end
end
%   POR HORAS 12UTC
if datos_est(i,18)>=0.1 && datos_est(i,18)<=1.5 && e_M12(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n1v_M12 = n1v_M12+1;
            aciertos_1v_M12 = aciertos_1v_M12 + flag_M12;
        case 'sierra'
            n1s_M12 = n1s_M12+1;
            aciertos_1s_M12 = aciertos_1s_M12 + flag_M12;
        case 'costa'
            n1c_M12 = n1c_M12+1;
            aciertos_1c_M12 = aciertos_1c_M12 + flag_M12;
    end
elseif datos_est(i,18)>1.5 && datos_est(i,18)<=3 && e_M12(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n2v_M12 = n2v_M12+1;
            aciertos_2v_M12 = aciertos_2v_M12 + flag_M12;
        case 'sierra'
            n2s_M12 = n2s_M12+1;
            aciertos_2s_M12 = aciertos_2s_M12 + flag_M12;
        case 'costa'
            n2c_M12 = n2c_M12+1;
            aciertos_2c_M12 = aciertos_2c_M12 + flag_M12;
    end
elseif datos_est(i,18)>3 && datos_est(i,18)<=6 && e_M12(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'
            n3v_M12 = n3v_M12+1;
            aciertos_3v_M12 = aciertos_3v_M12 + flag_M12;
        case 'sierra'
            n3s_M12 = n3s_M12+1;
            aciertos_3s_M12 = aciertos_3s_M12 + flag_M12;
        case 'costa'
            n3c_M12 = n3c_M12+1;
            aciertos_3c_M12 = aciertos_3c_M12 + flag_M12;
    end
elseif datos_est(i,18)>6 && datos_est(i,18)<=12 && e_M12(i,18)>=0
    switch zona{18}
        case 'valle'

```



```

        n4v_M12 = n4v_M12+1;
        aciertos_4v_M12 = aciertos_4v_M12 + flag_M12;
    case 'sierra'
        n4s_M12 = n4s_M12+1;
        aciertos_4s_M12 = aciertos_4s_M12 + flag_M12;
    case 'costa'
        n4c_M12 = n4c_M12+1;
        aciertos_4c_M12 = aciertos_4c_M12 + flag_M12;
    end
elseif datos_est(i,18)>12 && e_M12(i,18)>=0
    switch zona{18}
    case 'valle'
        n5v_M12 = n5v_M12+1;
        aciertos_5v_M12 = aciertos_5v_M12 + flag_M12;
    case 'sierra'
        n5s_M12 = n5s_M12+1;
        aciertos_5s_M12 = aciertos_5s_M12 + flag_M12;
    case 'costa'
        n5c_M12 = n5c_M12+1;
        aciertos_5c_M12 = aciertos_5c_M12 + flag_M12;
    end
end
end

end

%% CAZORLA

% OBTENIÓIN DE LAS MATRICES DE ERRORES
for i = 1:length(fechas_H)
    if datos_H00(i,20)>=0 && datos_est(i,19)>0
        E_H00(i,19) = abs(datos_H00(i,20)-datos_est(i,19));
        e_H00(i,19) = 100*E_H00(i,19)/datos_est(i,19);
    else
        E_H00(i,19) = -1;
        e_H00(i,19) = -1;
    end
    if datos_H12(i,20)>=0 && datos_est(i,19)>0
        E_H12(i,19) = abs(datos_H12(i,20)-datos_est(i,19));
        e_H12(i,19) = 100*E_H12(i,19)/datos_est(i,19);
    else
        E_H12(i,19) = -1;
        e_H12(i,19) = -1;
    end
    if datos_M00(i,19)>=0 && datos_est(i,19)>0
        E_M00(i,19) = abs(datos_M00(i,19)-datos_est(i,19));
        e_M00(i,19) = 100*E_M00(i,19)/datos_est(i,19);
    else
        E_M00(i,19) = -1;
        e_M00(i,19) = -1;
    end
    if datos_M12(i,19)>=0 && datos_est(i,19)>0
        E_M12(i,19) = abs(datos_M12(i,19)-datos_est(i,19));
        e_M12(i,19) = 100*E_M12(i,19)/datos_est(i,19);
    else
        E_M12(i,19) = -1;

```

```

        e_M12(i,19) = -1;
    end
end

for i = 1:length(fechas_H)
    if e_H00(i,19)<=50 && e_H00(i,19)>=0
        flag_H00 = 1;
    elseif e_H00(i,19)>50
        flag_H00 = 0;
    end
    if e_H12(i,19)<=50 && e_H12(i,19)>=0
        flag_H12 = 1;
    elseif e_H12(i,19)>50
        flag_H12 = 0;
    end
    if e_M00(i,19)<=50 && e_M00(i,19)>=0
        flag_M00 = 1;
    elseif e_M00(i,19)>50
        flag_M00 = 0;
    end
    if e_M12(i,19)<=50 && e_M12(i,19)>=0
        flag_M12 = 1;
    elseif e_M12(i,19)>50
        flag_M12 = 0;
    end
end

% CÁLCULO DE ACIERTOS
%   HIRLAM OOUTC
    if datos_est(i,19)>=0.1 && datos_est(i,19)<=1.5 && e_H00(i,19)>=0
        switch zona{20}
            case 'valle'
                n1v_H00 = n1v_H00+1;
                aciertos_1v_H00 = aciertos_1v_H00 + flag_H00;
            case 'sierra'
                n1s_H00 = n1s_H00+1;
                aciertos_1s_H00 = aciertos_1s_H00 + flag_H00;
            case 'costa'
                n1c_H00 = n1c_H00+1;
                aciertos_1c_H00 = aciertos_1c_H00 + flag_H00;
        end
    elseif datos_est(i,19)>1.5 && datos_est(i,19)<=3 && e_H00(i,19)>=0
        switch zona{20}
            case 'valle'
                n2v_H00 = n2v_H00+1;
                aciertos_2v_H00 = aciertos_2v_H00 + flag_H00;
            case 'sierra'
                n2s_H00 = n2s_H00+1;
                aciertos_2s_H00 = aciertos_2s_H00 + flag_H00;
            case 'costa'
                n2c_H00 = n2c_H00+1;
                aciertos_2c_H00 = aciertos_2c_H00 + flag_H00;
        end
    elseif datos_est(i,19)>3 && datos_est(i,19)<=6 && e_H00(i,19)>=0
        switch zona{20}
            case 'valle'
                n3v_H00 = n3v_H00+1;

```

```

        aciertos_3v_H00 = aciertos_3v_H00 + flag_H00;
    case 'sierra'
        n3s_H00 = n3s_H00+1;
        aciertos_3s_H00 = aciertos_3s_H00 + flag_H00;
    case 'costa'
        n3c_H00 = n3c_H00+1;
        aciertos_3c_H00 = aciertos_3c_H00 + flag_H00;
    end
elseif datos_est(i,19)>6 && datos_est(i,19)<=12 && e_H00(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n4v_H00 = n4v_H00+1;
            aciertos_4v_H00 = aciertos_4v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'
            n4s_H00 = n4s_H00+1;
            aciertos_4s_H00 = aciertos_4s_H00 + flag_H00;
        case 'costa'
            n4c_H00 = n4c_H00+1;
            aciertos_4c_H00 = aciertos_4c_H00 + flag_H00;
        end
elseif datos_est(i,19)>12 && e_H00(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n5v_H00 = n5v_H00+1;
            aciertos_5v_H00 = aciertos_5v_H00 + flag_H00;
        case 'sierra'
            n5s_H00 = n5s_H00+1;
            aciertos_5s_H00 = aciertos_5s_H00 + flag_H00;
        case 'costa'
            n5c_H00 = n5c_H00+1;
            aciertos_5c_H00 = aciertos_5c_H00 + flag_H00;
        end
    end
end
% HIRLAM 12UTC
if datos_est(i,19)>=0.1 && datos_est(i,19)<=1.5 && e_H12(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n1v_H12 = n1v_H12+1;
            aciertos_1v_H12 = aciertos_1v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n1s_H12 = n1s_H12+1;
            aciertos_1s_H12 = aciertos_1s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n1c_H12 = n1c_H12+1;
            aciertos_1c_H12 = aciertos_1c_H12 + flag_H12;
        end
elseif datos_est(i,19)>1.5 && datos_est(i,19)<=3 && e_H12(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n2v_H12 = n2v_H12+1;
            aciertos_2v_H12 = aciertos_2v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n2s_H12 = n2s_H12+1;
            aciertos_2s_H12 = aciertos_2s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n2c_H12 = n2c_H12+1;
            aciertos_2c_H12 = aciertos_2c_H12 + flag_H12;
    end
end

```

```

        end
elseif datos_est(i,19)>3 && datos_est(i,19)<=6 && e_H12(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n3v_H12 = n3v_H12+1;
            aciertos_3v_H12 = aciertos_3v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n3s_H12 = n3s_H12+1;
            aciertos_3s_H12 = aciertos_3s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n3c_H12 = n3c_H12+1;
            aciertos_3c_H12 = aciertos_3c_H12 + flag_H12;
        end
elseif datos_est(i,19)>6 && datos_est(i,19)<=12 && e_H12(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n4v_H12 = n4v_H12+1;
            aciertos_4v_H12 = aciertos_4v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n4s_H12 = n4s_H12+1;
            aciertos_4s_H12 = aciertos_4s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n4c_H12 = n4c_H12+1;
            aciertos_4c_H12 = aciertos_4c_H12 + flag_H12;
        end
elseif datos_est(i,19)>12 && e_H12(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n5v_H12 = n5v_H12+1;
            aciertos_5v_H12 = aciertos_5v_H12 + flag_H12;
        case 'sierra'
            n5s_H12 = n5s_H12+1;
            aciertos_5s_H12 = aciertos_5s_H12 + flag_H12;
        case 'costa'
            n5c_H12 = n5c_H12+1;
            aciertos_5c_H12 = aciertos_5c_H12 + flag_H12;
        end
    end
end
%   POR HORAS OOUTC
if datos_est(i,19)>=0.1 && datos_est(i,19)<=1.5 && e_M00(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n1v_M00 = n1v_M00+1;
            aciertos_1v_M00 = aciertos_1v_M00 + flag_M00;
        case 'sierra'
            n1s_M00 = n1s_M00+1;
            aciertos_1s_M00 = aciertos_1s_M00 + flag_M00;
        case 'costa'
            n1c_M00 = n1c_M00+1;
            aciertos_1c_M00 = aciertos_1c_M00 + flag_M00;
        end
elseif datos_est(i,19)>1.5 && datos_est(i,19)<=3 && e_M00(i,19)>=0
    switch zona{20}
        case 'valle'
            n2v_M00 = n2v_M00+1;
            aciertos_2v_M00 = aciertos_2v_M00 + flag_M00;
        case 'sierra'

```

```

        n2s_M00 = n2s_M00+1;
        aciertos_2s_M00 = aciertos_2s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n2c_M00 = n2c_M00+1;
        aciertos_2c_M00 = aciertos_2c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,19)>3 && datos_est(i,19)<=6 && e_M00(i,19)>=0
    switch zona{20}
    case 'valle'
        n3v_M00 = n3v_M00+1;
        aciertos_3v_M00 = aciertos_3v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n3s_M00 = n3s_M00+1;
        aciertos_3s_M00 = aciertos_3s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n3c_M00 = n3c_M00+1;
        aciertos_3c_M00 = aciertos_3c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,19)>6 && datos_est(i,19)<=12 && e_M00(i,19)>=0
    switch zona{20}
    case 'valle'
        n4v_M00 = n4v_M00+1;
        aciertos_4v_M00 = aciertos_4v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n4s_M00 = n4s_M00+1;
        aciertos_4s_M00 = aciertos_4s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n4c_M00 = n4c_M00+1;
        aciertos_4c_M00 = aciertos_4c_M00 + flag_M00;
    end
elseif datos_est(i,19)>12 && e_M00(i,19)>=0
    switch zona{20}
    case 'valle'
        n5v_M00 = n5v_M00+1;
        aciertos_5v_M00 = aciertos_5v_M00 + flag_M00;
    case 'sierra'
        n5s_M00 = n5s_M00+1;
        aciertos_5s_M00 = aciertos_5s_M00 + flag_M00;
    case 'costa'
        n5c_M00 = n5c_M00+1;
        aciertos_5c_M00 = aciertos_5c_M00 + flag_M00;
    end
end
end
%   POR HORAS 12UTC
if datos_est(i,19)>=0.1 && datos_est(i,19)<=1.5 && e_M12(i,19)>=0
    switch zona{20}
    case 'valle'
        n1v_M12 = n1v_M12+1;
        aciertos_1v_M12 = aciertos_1v_M12 + flag_M12;
    case 'sierra'
        n1s_M12 = n1s_M12+1;
        aciertos_1s_M12 = aciertos_1s_M12 + flag_M12;
    case 'costa'
        n1c_M12 = n1c_M12+1;
        aciertos_1c_M12 = aciertos_1c_M12 + flag_M12;
    end
elseif datos_est(i,19)>1.5 && datos_est(i,19)<=3 && e_M12(i,19)>=0

```

```

        switch zona{20}
            case 'valle'
                n2v_M12 = n2v_M12+1;
                aciertos_2v_M12 = aciertos_2v_M12 + flag_M12;
            case 'sierra'
                n2s_M12 = n2s_M12+1;
                aciertos_2s_M12 = aciertos_2s_M12 + flag_M12;
            case 'costa'
                n2c_M12 = n2c_M12+1;
                aciertos_2c_M12 = aciertos_2c_M12 + flag_M12;
        end
    elseif datos_est(i,19)>3 && datos_est(i,19)<=6 && e_M12(i,19)>=0
        switch zona{20}
            case 'valle'
                n3v_M12 = n3v_M12+1;
                aciertos_3v_M12 = aciertos_3v_M12 + flag_M12;
            case 'sierra'
                n3s_M12 = n3s_M12+1;
                aciertos_3s_M12 = aciertos_3s_M12 + flag_M12;
            case 'costa'
                n3c_M12 = n3c_M12+1;
                aciertos_3c_M12 = aciertos_3c_M12 + flag_M12;
        end
    elseif datos_est(i,19)>6 && datos_est(i,19)<=12 && e_M12(i,19)>=0
        switch zona{20}
            case 'valle'
                n4v_M12 = n4v_M12+1;
                aciertos_4v_M12 = aciertos_4v_M12 + flag_M12;
            case 'sierra'
                n4s_M12 = n4s_M12+1;
                aciertos_4s_M12 = aciertos_4s_M12 + flag_M12;
            case 'costa'
                n4c_M12 = n4c_M12+1;
                aciertos_4c_M12 = aciertos_4c_M12 + flag_M12;
        end
    elseif datos_est(i,19)>12 && e_M12(i,19)>=0
        switch zona{20}
            case 'valle'
                n5v_M12 = n5v_M12+1;
                aciertos_5v_M12 = aciertos_5v_M12 + flag_M12;
            case 'sierra'
                n5s_M12 = n5s_M12+1;
                aciertos_5s_M12 = aciertos_5s_M12 + flag_M12;
            case 'costa'
                n5c_M12 = n5c_M12+1;
                aciertos_5c_M12 = aciertos_5c_M12 + flag_M12;
        end
    end
end

tasa_1s_H00 = aciertos_1s_H00/n1s_H00;
tasa_2s_H00 = aciertos_2s_H00/n2s_H00;
tasa_3s_H00 = aciertos_3s_H00/n3s_H00;
tasa_4s_H00 = aciertos_4s_H00/n4s_H00;

```

```

tasa_5s_H00 = aciertos_5s_H00/n5s_H00;

tasa_1v_H00 = aciertos_1v_H00/n1v_H00;
tasa_2v_H00 = aciertos_2v_H00/n2v_H00;
tasa_3v_H00 = aciertos_3v_H00/n3v_H00;
tasa_4v_H00 = aciertos_4v_H00/n4v_H00;
tasa_5v_H00 = aciertos_5v_H00/n5v_H00;

tasa_1c_H00 = aciertos_1c_H00/n1c_H00;
tasa_2c_H00 = aciertos_2c_H00/n2c_H00;
tasa_3c_H00 = aciertos_3c_H00/n3c_H00;
tasa_4c_H00 = aciertos_4c_H00/n4c_H00;
tasa_5c_H00 = aciertos_5c_H00/n5c_H00;

tasa_1s_H12 = aciertos_1s_H12/n1s_H12;
tasa_2s_H12 = aciertos_2s_H12/n2s_H12;
tasa_3s_H12 = aciertos_3s_H12/n3s_H12;
tasa_4s_H12 = aciertos_4s_H12/n4s_H12;
tasa_5s_H12 = aciertos_5s_H12/n5s_H12;

tasa_1v_H12 = aciertos_1v_H12/n1v_H12;
tasa_2v_H12 = aciertos_2v_H12/n2v_H12;
tasa_3v_H12 = aciertos_3v_H12/n3v_H12;
tasa_4v_H12 = aciertos_4v_H12/n4v_H12;
tasa_5v_H12 = aciertos_5v_H12/n5v_H12;

tasa_1c_H12 = aciertos_1c_H12/n1c_H12;
tasa_2c_H12 = aciertos_2c_H12/n2c_H12;
tasa_3c_H12 = aciertos_3c_H12/n3c_H12;
tasa_4c_H12 = aciertos_4c_H12/n4c_H12;
tasa_5c_H12 = aciertos_5c_H12/n5c_H12;

tasa_1s_M00 = aciertos_1s_M00/n1s_M00;
tasa_2s_M00 = aciertos_2s_M00/n2s_M00;
tasa_3s_M00 = aciertos_3s_M00/n3s_M00;
tasa_4s_M00 = aciertos_4s_M00/n4s_M00;
tasa_5s_M00 = aciertos_5s_M00/n5s_M00;

tasa_1v_M00 = aciertos_1v_M00/n1v_M00;
tasa_2v_M00 = aciertos_2v_M00/n2v_M00;
tasa_3v_M00 = aciertos_3v_M00/n3v_M00;
tasa_4v_M00 = aciertos_4v_M00/n4v_M00;
tasa_5v_M00 = aciertos_5v_M00/n5v_M00;

tasa_1c_M00 = aciertos_1c_M00/n1c_M00;
tasa_2c_M00 = aciertos_2c_M00/n2c_M00;
tasa_3c_M00 = aciertos_3c_M00/n3c_M00;
tasa_4c_M00 = aciertos_4c_M00/n4c_M00;
tasa_5c_M00 = aciertos_5c_M00/n5c_M00;

tasa_1s_M12 = aciertos_1s_M12/n1s_M12;
tasa_2s_M12 = aciertos_2s_M12/n2s_M12;
tasa_3s_M12 = aciertos_3s_M12/n3s_M12;
tasa_4s_M12 = aciertos_4s_M12/n4s_M12;
tasa_5s_M12 = aciertos_5s_M12/n5s_M12;

tasa_1v_M12 = aciertos_1v_M12/n1v_M12;

```

```

tasa_2v_M12 = aciertos_2v_M12/n2v_M12;
tasa_3v_M12 = aciertos_3v_M12/n3v_M12;
tasa_4v_M12 = aciertos_4v_M12/n4v_M12;
tasa_5v_M12 = aciertos_5v_M12/n5v_M12;

tasa_1c_M12 = aciertos_1c_M12/n1c_M12;
tasa_2c_M12 = aciertos_2c_M12/n2c_M12;
tasa_3c_M12 = aciertos_3c_M12/n3c_M12;
tasa_4c_M12 = aciertos_4c_M12/n4c_M12;
tasa_5c_M12 = aciertos_5c_M12/n5c_M12;

%% GUARDAR TABLAS
n_v_H00 = [n1v_H00 n2v_H00 n3v_H00 n4v_H00 n5v_H00];
n_s_H00 = [n1s_H00 n2s_H00 n3s_H00 n4s_H00 n5s_H00];
n_c_H00 = [n1c_H00 n2c_H00 n3c_H00 n4c_H00 n5c_H00];

n_v_H12 = [n1v_H12 n2v_H12 n3v_H12 n4v_H12 n5v_H12];
n_s_H12 = [n1s_H12 n2s_H12 n3s_H12 n4s_H12 n5s_H12];
n_c_H12 = [n1c_H12 n2c_H12 n3c_H12 n4c_H12 n5c_H12];

n_v_M00 = [n1v_M00 n2v_M00 n3v_M00 n4v_M00 n5v_M00];
n_s_M00 = [n1s_M00 n2s_M00 n3s_M00 n4s_M00 n5s_M00];
n_c_M00 = [n1c_M00 n2c_M00 n3c_M00 n4c_M00 n5c_M00];

n_v_M12 = [n1v_M12 n2v_M12 n3v_M12 n4v_M12 n5v_M12];
n_s_M12 = [n1s_M12 n2s_M12 n3s_M12 n4s_M12 n5s_M12];
n_c_M12 = [n1c_M12 n2c_M12 n3c_M12 n4c_M12 n5c_M12];

tasa_v_H00 = [tasa_1v_H00 tasa_2v_H00 tasa_3v_H00 tasa_4v_H00 tasa_5v_H00];
tasa_s_H00 = [tasa_1s_H00 tasa_2s_H00 tasa_3s_H00 tasa_4s_H00 tasa_5s_H00];
tasa_c_H00 = [tasa_1c_H00 tasa_2c_H00 tasa_3c_H00 tasa_4c_H00 tasa_5c_H00];

tasa_v_H12 = [tasa_1v_H12 tasa_2v_H12 tasa_3v_H12 tasa_4v_H12 tasa_5v_H12];
tasa_s_H12 = [tasa_1s_H12 tasa_2s_H12 tasa_3s_H12 tasa_4s_H12 tasa_5s_H12];
tasa_c_H12 = [tasa_1c_H12 tasa_2c_H12 tasa_3c_H12 tasa_4c_H12 tasa_5c_H12];

tasa_v_M00 = [tasa_1v_M00 tasa_2v_M00 tasa_3v_M00 tasa_4v_M00 tasa_5v_M00];
tasa_s_M00 = [tasa_1s_M00 tasa_2s_M00 tasa_3s_M00 tasa_4s_M00 tasa_5s_M00];
tasa_c_M00 = [tasa_1c_M00 tasa_2c_M00 tasa_3c_M00 tasa_4c_M00 tasa_5c_M00];

tasa_v_M12 = [tasa_1v_M12 tasa_2v_M12 tasa_3v_M12 tasa_4v_M12 tasa_5v_M12];
tasa_s_M12 = [tasa_1s_M12 tasa_2s_M12 tasa_3s_M12 tasa_4s_M12 tasa_5s_M12];
tasa_c_M12 = [tasa_1c_M12 tasa_2c_M12 tasa_3c_M12 tasa_4c_M12 tasa_5c_M12];

tabla_H00 = [n_v_H00', tasa_v_H00', n_s_H00', tasa_s_H00', n_c_H00', tasa_c_H00
            '];
tabla_H12 = [n_v_H12', tasa_v_H12', n_s_H12', tasa_s_H12', n_c_H12', tasa_c_H12
            '];
tabla_M00 = [n_v_M00', tasa_v_M00', n_s_M00', tasa_s_M00', n_c_M00', tasa_c_M00
            '];
tabla_M12 = [n_v_M12', tasa_v_M12', n_s_M12', tasa_s_M12', n_c_M12', tasa_c_M12
            '];

xlswrite('ciclo_1.xlsx',tabla_H00 , '5-niv-zona-50', 'B5:G9')
xlswrite('ciclo_1.xlsx',tabla_H12 , '5-niv-zona-50', 'J5:O9')
xlswrite('ciclo_1.xlsx',tabla_M00 , '5-niv-zona-50', 'B23:G27')

```



```
xlswrite('ciclo_1.xlsx',tabla_M12 , '5-niv-zona-50', 'J23:027')
```

Código C.5 Función que dada una fecha de inicio y de fin, lee los datos de las estaciones meteorológicas de los archivos ".csv" y proporciona los datos de las fechas indicadas.

```
function [datos_est, fechas_est] = estacion_verano(f1,f2)

f2 = datenum(f2)+1;
f2 = datevec(f2);

y1 = f1(1);    m1 = f1(2);    d1 = f1(3);
y2 = f2(1);    m2 = f2(2);    d2 = f2(3);

lugares = {'chipiona','jerez','grazalema','aguilar_de_la_frontera',...
           'cordoba','dona_mencia','la_rambla','montoro','alajar',...
           'almonte','huelva_ronda_este','andujar','jaen','carmona',...
           'cazalla_de_la_sierra','ecija','sevilla_aeropuerto',...
           'sevilla_tablada','cazorla'};

provincia = {'cadiz','cadiz','cadiz','cordoba','cordoba','cordoba',...
             'cordoba','cordoba','huelva','huelva','huelva','jaen','jaen',...
             'sevilla','sevilla','sevilla','sevilla','sevilla','jaen'};

abreviatura = {'ca_chipiona','ca_jerez','ca_grazalema','co_aguilar',...
               'co_cordoba','co_dmencia','co_larambla','co_montoro',...
               'hu_alajar','hu_almonte','hu_huelva','ja_andujar',...
               'ja_jaen','se_carmona','se_cazalla','se_ecija',...
               'se_sevilla','se_tablada','ja_cazorla'};

datos_prev = [];

k = 1; flag = 0;

for y = y1:y2
    year = int2str(y);
    w=y2-y1;
    switch w
        case 0
            mi = m1;
            mf = m2;
        otherwise
            switch y
                case y1
                    mi = m1;
                    mf = 12;
                case y2
                    mi = 1;
                    mf = m2;
            end
        end
    end

    for m = mi:mf
        month = int2str(m);
        if m<10
            month = ['0' month];
        end
    end
end
```

```

%%%NÚMERO DE DÍAS DE CADA MES
switch m
    case 10
        Nm = 31;
    case 11
        Nm = 30;
    case 12
        Nm = 31;
    case 2
        Nm = 29;
    case 1
        Nm = 31;
    case 3
        Nm = 31;
    case 4
        Nm = 30;
    case 5
        Nm = 31;
end

%%%COMPROBACIÓN DE SI HAY SALTO DE MES Y DEFINICIÓN DE LOS
%%%LÍMITES DE LOS BUCLES SEGÚN EL CASO
q = m2-m1;
switch q
    case 0
        df = d2;
        di = d1;
        nd = (d2-d1+1)*4;
    otherwise
        switch m
            case m1
                df = Nm;
                di = d1;
                nd = (Nm-d1+1)*4+d2*4;
            case m2
                df = d2;
                di = 1;
        end
end

%LOS DIAS VARÍAN DESDE EL INICIAL AL FINAL,
%LO QUE DEPENDE DE SI HAY SALTO DE MES O NO
for d = di:df

    day = int2str(d);
    if d<10
        day = ['0' day];
    end

    fecha = [year,'_',month,'_',day,'_'];

    for n = 1:length(lugares)

        lug = char(lugares(n));
        prov = char(provincia(n));
        abbrev = char(abreviatura(n));

```

```

    archivo = char(['F:\Users\Leonor\Documents\MEGAsync',...
        '\TFG\Municipios\' ,prov,'\','lug','\datos\' ,...
        fecha,abrev,'.csv']);

% LECTURA DEL ARCHIVO CORRESPONDIENTE
datos = importdata(archivo);
b = length(datos);
fila    = [];
columna = [];

%SE SELECCIONAN LOS DATOS QUE SE NECESITAN
for i = 0:(b-5);
    A = char(datos(b-i));
    N = strfind(A,'"','');
    P = A(N(6)+3:N(7)-1);
    if P>0
        Q = str2double(P);
    else
        Q = -55;
    end
    columna = [columna; Q];

    switch n
        case 1
            hh = str2double(A(13:14));
            min = str2double(A(16:17));
            dd = str2double(A(2:3));
            mm = str2double(A(5:6));
            aa = str2double(A(8:12));

            fechas(k,1) = datenum([aa,mm,dd,hh,min,0]);

            k = k+1;
        end

    end

    X(:,n) = columna;
    clear columna

end %n
datos_prev = [datos_prev;X];

clear X
end %d
end %m
end %y

% SUMA DE LOS DATOS PARA OBTENER LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 6H
for n = 1: length(lugares)
    suma = 0;
    t = -5;
    z = 1;
    for j = 4: length(datos_prev(:,1))
        switch t

            case 0

```

```

        suma = suma + datos_prev(j,n);
        datos_est(z,n) = suma;
        switch n
            case 1
                fechas_est(z,1) = fechas(j);
            end
            z = z+1;
            t = -5;
            suma = 0;
        otherwise
            suma = suma + datos_prev(j,n);
            t = t+1;
        end
    end
end

fechas_est = fechas_est(2:(end-3));
datos_est = datos_est(2:(end-3),:);

end

```

Código C.6 Función que dada una fecha de inicio y de fin, lee los datos de HIRLAM de los archivos ".csv" y proporciona los datos de las fechas indicadas.

```

function [datos_H00, datos_H12, fechas] = HIRLAM_verano(f1,f2)

y1 = f1(1);    m1 = f1(2);    d1 = f1(3);
y2 = f2(1);    m2 = f2(2);    d2 = f2(3);

lugares = {'chipiona','jerez','grazalema','aguilar','cordoba','mencia',...
            'rambla','montoro','alajar','almonete','huelva','andujar',...
            'jaen','carmona','cazalla','ecija','sev_aerop','sev_tab',...
            'sanlucar','cazorla'};

% BUCLE PARA CADA MUNICIPIO
for n = 1:length(lugares)
    k = 1;

    for y = y1:y2
        year = int2str(y);
        w=y2-y1;
        switch w
            case 0
                mi = m1;
                mf = m2;
            otherwise
                switch y
                    case y1
                        mi = m1;
                        mf = 12;
                    case y2
                        mi = 1;
                        mf = m2;
                end
            end
        end
    end
end

```

```

end

for m = mi:mf

    month = int2str(m);
    if m<10
        month = ['0' month];
    end

    %%%NÚMERO DE DÍAS DE CADA MES
    switch m
        case 11
            Nm = 30;
        case 12
            Nm = 31;
        case 2
            Nm = 29;
        case 1
            Nm = 31;
        case 3
            Nm = 31;
        case 4
            Nm = 30;
        case 5
            Nm = 31;
    end

    % LECTURA DEL ARCHIVO DEL MES Y MUNICIPIO CORRESPONDIENTE
    municipio = char(lugares(n));
    archivo = ['F:\Users\Leonor\Documents\MEGAsync\TFG\Municipios\
        HIRLAM_0.05\'', 'HIRLAM_', year, '_', month, '_', municipio, '.csv'];
    M = dlmread(archivo);
    A = M(2:end, 2:end);

    % SEPARACIÓN EN DOS MATRICES DE 00UTC Y 12UTC Y ELIMINACIÓN DE
    % COLUMNAS -1
    A00 = A(1:2:(2*Nm-1), :);
    A12 = A(2:2:(2*Nm), :);

    % COMPROBACIÓN DE SI HAY SALTO DE MES Y DEFINICIÓN DE LOS
    % LÍMITES DE LOS BUCLES SEGÚN EL CASO
    q = m2-m1;
    switch q
        case 0
            df = d2;
            di = d1;
        otherwise
            switch m
                case m1
                    df = Nm;
                    di = d1;
                case m2
                    df = d2;
                    di = 1;
            end
        end
    end
end

```

```

% LOS DIAS VARÍAN DESDE EL INICIAL AL FINAL,
% LO QUE DEPENDE DE SI HAY SALTO DE MES O NO
for i = di:df
    d = i;
    day = int2str(d);
    if d<10
        day = ['0' day];
    end

    % BUCLE EN J PARA LEER TODAS LAS HORAS DEL DÍA
    for j = 1:8

        Dato00(k,n) = A00(i,j);
        Dato12(k,n) = A12(i,j);

        k = k+1;

    end %j
end %i
end

end %y

end

for n = 1:length(lugares)
    j = 1;
    k = 0;

    %%% SUMA DE ELEMENTOS PARA TENER PRECIPITACIÓN CADA 6H
    for i = 2:length(Dato00(:,1))
        switch k
            case 0
                suma00 = Dato00(i,n);
                suma12 = Dato12(i,n);
                k = 1;
            case 1
                datos_H00(j,n) = suma00+Dato00(i,n);
                datos_H12(j,n) = suma12+Dato12(i,n);
                k = 0;
                j = j+1;
            end
        end
    end

    for i = 1:4:length(datos_H00(:,n))
        datos_H00(i,n) = -55;
    end
    for i = 3:4:length(datos_H12(:,n))
        datos_H12(i,n) = -55;
    end
end

fechas(1,1) = datenum([y1,m1,d1,8,0,0]);
for i = 2:length(datos_H00(:,1))

```

```

    fe = fechas(i-1,1);
    dias = 0.25;
    if fe==datenum([2016,3,27,1,0,0])
        dias = dias +1/24;
    end

    fechas(i,1) =fe+dias;
end
end

```

Una vez realizados todos los análisis, se ha creado un programa para generar las gráficas que se han mostrado en este trabajo. El código se muestra a continuación.

Código C.7 Programa pra representar las gráficas de distintos análisis.

```

close all; clear all; clc;

%% Lectura de Datos del Excel
niv5_50 = xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niveles-50','C2:G13');
niv5_50 = niv5_50';
si_no = [xlsread('ciclo_2.xlsx','si-no','B2:C14')...
        xlsread('ciclo_2.xlsx','si-no','J2:K14')];

niv5__zona_V = [xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','C5:C9')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','K5:K9')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','C23:C27')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','K23:K27')]*100;

niv5__zona_S = [xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','E5:E9')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','M5:M9')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','E23:E27')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','M23:M27')]*100;

niv5__zona_C = [xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','G5:G9')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','O5:O9')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','G23:G27')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','5-niv-zona-50','O23:O27')]*100;

zona_si_no_V = [xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','B3:B15')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','E3:E15')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','B20:B32')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','E20:E32')];

zona_si_no_S = [xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','C3:C15')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','F3:F15')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','C20:C32')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','F20:F32')];

zona_si_no_C = [xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','D3:D15')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','G3:G15')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','D20:D32')...
                xlsread('ciclo_2.xlsx','zona-si-no','G20:G32')];

%% Representación Gráfica

%%Comparación de los diferentes modelos en el análisis si/no

```

```

%PC
figure(1)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
bar(si_no(5,:),0.4);
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]); title('Percentage Correct','FontSize',20);
grid; hold off; drawnow;
set (figure(1), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(1),'si_no_PC.png')
close;

%POD
figure(2)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
bar(si_no(6,:),0.4);
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Probability Of Detection','FontSize',20);
grid; hold off; drawnow;
set (figure(2), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(2),'si_no_POD.png')
close;

%POFD
figure(3)
x = 0:5;
opt(1:6) = 0;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
bar(si_no(7,:),0.4);
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Probability Of False Detection','FontSize',20);
grid; hold off; drawnow;
set (figure(3), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(3),'si_no_POFD.png')
close;

%TSS
figure(4)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
bar(si_no(8,:),0.4);
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])

```



```

if min(si_no(8,:))<0
    ylim([min(si_no(8,:))*1.2 1.1])
else
    ylim([0 1.1]);
end
xlim([0.1 4.9]);
title('True Skill Statistic','FontSize',20);
grid; hold off; drawnow;
set (figure(4), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(4),'si_no_TSS.png')
close;

%FBI
figure(5)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
bar(si_no(9,:),0.4);
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 max(si_no(9,:))*1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Frequency Bias Index','FontSize',20);
grid; hold off; drawnow;
set (figure(5), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(5),'si_no_FBI.png')
close;

%FAR
figure(6)
x = 0:5;
opt(1:6) = 0;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
bar(si_no(10,:),0.4);
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('False Alarm Rate','FontSize',20);
grid; hold off; drawnow;
set (figure(6), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(6),'si_no_FAR.png')
close;

%TS
figure(7)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
bar(si_no(11,:),0.4);
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Threat Score','FontSize',20);
grid; hold off; drawnow;
set (figure(7), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);

```

```

saveas(figure(7),'si_no_TS.png')
close;

%SI/NO VS ZONAS SI/NO

%PC
figure(8)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([si_no(5,:) zona_si_no_V(5,:) ...
        zona_si_no_S(5,:) zona_si_no_C(5,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Percentage Correct','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle','Sierra','Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set(figure(8),'Units','normalized','Position',[0,0,1,1]);
saveas(figure(8),'si_no_vs_zonas_PC.png')
close;

%POD
figure(9)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([si_no(6,:) zona_si_no_V(6,:) ...
        zona_si_no_S(6,:) zona_si_no_C(6,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Probability Of Detection','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle','Sierra','Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set(figure(9),'Units','normalized','Position',[0,0,1,1]);
saveas(figure(9),'si_no_vs_zonas_POD.png')
close;

%POFD
figure(10)
x = 0:5;
opt(1:6) = 0;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([si_no(7,:) zona_si_no_V(7,:) ...
        zona_si_no_S(7,:) zona_si_no_C(7,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Probability Of False Detection','FontSize',20);

```

```

legend('Óptimo','Global','Valle', 'Sierra', 'Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(10), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(10),'si_no_vs_zonas_POFD.png')
close;

%TSS
figure(11)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([si_no(8,:) zona_si_no_V(8,:) ...
        zona_si_no_S(8,:) zona_si_no_C(8,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca, 'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
v = [si_no(8,:) zona_si_no_V(8,:) zona_si_no_S(8,:) zona_si_no_C(8,:)];
if min(v)<0
    ylim([min(v)*1.2 1.1])
else
    ylim([0 1.1]);
end
xlim([0.1 4.9]); title('True Skill Score','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle', 'Sierra', 'Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(11), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(11),'si_no_vs_zonas_TSS.png')
close;

%FBI
figure(12)
x = 0:5;
opt(1:6) = 1;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([si_no(9,:) zona_si_no_V(9,:) ...
        zona_si_no_S(9,:) zona_si_no_C(9,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca, 'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
v = [si_no(9,:) zona_si_no_V(9,:) zona_si_no_S(9,:) zona_si_no_C(9,:)];
ylim([0 max(v)*1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Frequency Bias Index','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle', 'Sierra', 'Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(12), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(12),'si_no_vs_zonas_FBI.png')
close;

%FAR
figure(13)
x = 0:5;
opt(1:6) = 0;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([si_no(10,:) zona_si_no_V(10,:) ...

```

```

    zona_si_no_S(10,:) zona_si_no_C(10,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca, 'XTickLabel', ['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('False Alarm Rate','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle', 'Sierra', 'Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(13), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(13),'si_no_vs_zonas_FAR.png')
close;

```

%TS

```

figure(14)
x = 0:5;
opt(1:6) = 0;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([si_no(11,:) zona_si_no_V(11,:) ...
    zona_si_no_S(11,:) zona_si_no_C(11,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca, 'XTickLabel', ['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 1.1]); xlim([0.1 4.9]);
title('Threat Score','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle', 'Sierra', 'Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(14), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(14),'si_no_vs_zonas_TS.png')
close;

```

% 5 NIVELES

```

aux = niv5_50(:,2:2:12)*100;
tasa_acierto5 = [aux(:,1:2),aux(:,5:6)];

figure(15)
x = 0:5;
opt(1:6) = 100;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar(tasa_acierto5',0.4);
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca, 'XTickLabel', ['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 110]); xlim([0.1 4.9]);
title('Tasa de acierto (%)','FontSize',20);
legend('Óptimo','Nivel 1','Nivel 2', 'Nivel 3',...
    'Nivel 4','Nivel 5','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(15), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(15),'5_niv_50.png')
close;

```

% 5 NIVELES + ZONAS

```

figure(16)
x = 0:5;
opt(1:6) = 100;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([tasa_acierto5(1,:) niv5__zona_V(1,:) ...
        niv5__zona_S(1,:) niv5__zona_C(1,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 110]); xlim([0.1 4.9]);
title('Nivel 1: Tasa de acierto (%)','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle','Sierra','Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(16), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(16),'5_niv_1_zona.png')
close;

```

```

figure(17)
x = 0:5;
opt(1:6) = 100;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([tasa_acierto5(2,:) niv5__zona_V(2,:) ...
        niv5__zona_S(2,:) niv5__zona_C(2,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 110]); xlim([0.1 4.9]);
title('Nivel 2: Tasa de acierto (%)','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle','Sierra','Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(17), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(17),'5_niv_2_zona.png')
close;

```

```

figure(18)
x = 0:5;
opt(1:6) = 100;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([tasa_acierto5(3,:) niv5__zona_V(3,:) ...
        niv5__zona_S(3,:) niv5__zona_C(3,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 110]); xlim([0.1 4.9]);
title('Nivel 3: Tasa de acierto (%)','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle','Sierra','Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(18), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(18),'5_niv_3_zona.png')
close;

```

```
figure(19)
```

```

x = 0:5;
opt(1:6) = 100;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([tasa_acierto5(4,:) niv5__zona_V(4,:) ...
        niv5__zona_S(4,:) niv5__zona_C(4,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 110]); xlim([0.1 4.9]);
title('Nivel 4: Tasa de acierto (%)','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle','Sierra','Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(19), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(19),'5_niv_4_zona.png')
close;

figure(20)
x = 0:5;
opt(1:6) = 100;
plot(x,opt,'-g','LineWidth',1.5)
hold on;
b = bar([tasa_acierto5(5,:) niv5__zona_V(5,:) ...
        niv5__zona_S(5,:) niv5__zona_C(5,:)'],0.4);
b(2).FaceColor = 'yellow'; b(4).FaceColor = 'cyan';
set(gca,'XTick',[1:1:5]);
set(gca,'XTickLabel',['HIRLAM 00'; 'HIRLAM 12'; 'HORAS 00'; 'HORAS 12'])
ylim([0 110]); xlim([0.1 4.9]);
title('Nivel 5: Tasa de acierto (%)','FontSize',20);
legend('Óptimo','Global','Valle','Sierra','Costa','Location','Best')
grid; hold off; drawnow;
set (figure(20), 'Units', 'normalized', 'Position', [0,0,1,1]);
saveas(figure(20),'5_niv_5_zona.png')
close;

```

Índice de Figuras

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. | Estaciones meteorológicas semiautomáticas | 4 |
| 2.2. | Radar Meteorológico [3] | 5 |
| 2.3. | Ejemplos de imágenes del radar meteorológico [3] | 6 |
| 2.4. | Estructura de un mensaje METAR [6] | 7 |
| 2.5. | Estructura de un mensaje TREND [6] | 7 |
| 3.1. | Anidamiento telescópico en rejillas de integración [7] | 12 |
| 3.2. | Distribución de observaciones meteorológicas procedentes de satélite (azul claro), aviones (rojo) y radiosondeos (azul oscuro) [3] | 13 |
| 3.3. | Dominios del HIRLAM [3] | 15 |
| 3.4. | Comparación entre imagen de satélite y la estimación de HARMONIE del ciclo diurno de la convección. [8] | 16 |
| 4.1. | Ejemplos de las salidas de HARMONIE aeropuertos | 18 |
| 4.2. | Ejemplos de imágenes del ECMWF utilizadas para la verificación | 19 |
| 4.3. | Captura de pantalla de la herramienta <i>METARWEB</i> | 19 |
| 5.1. | Localización de los municipios y división en zonas Los puntos azules corresponden a los municipios de costa, los amarillos a los de valle, y los verdes a los de sierra | 25 |
| 5.2. | Frequency Bias Index del análisis general | 26 |
| 5.3. | F.A.R y P.O.F.D del análisis general | 26 |
| 5.4. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S del análisis general | 27 |
| 5.5. | Frequency Bias Index del análisis por zonas | 29 |
| 5.6. | F.A.R y P.O.F.D del análisis por zonas | 29 |
| 5.7. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S del análisis por zonas | 30 |
| 5.8. | Tasas de acierto para los distintos niveles y modelos | 31 |
| 5.9. | Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 1 | 32 |
| 5.10. | Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 2 | 33 |
| 5.11. | Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 3 | 33 |
| 5.12. | Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 4 | 34 |
| 5.13. | Tasas de acierto para precipitaciones de nivel 5 | 34 |
| 6.1. | Aeropuertos de los que se han tomado datos. La marca amarilla corresponde a Sevilla, la roja a Jerez de la Frontera, la morada a Córdoba, la azul a Málaga y la verde a Melilla | 37 |
| 6.2. | Situación sinóptica durante el periodo analizado.[3] | 38 |
| 6.3. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Sevilla | 39 |
| 6.4. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Sevilla | 40 |
| 6.5. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Sevilla | 40 |
| 6.6. | F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Sevilla | 41 |
| 6.7. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Sevilla | 42 |
| 6.8. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Córdoba | 43 |
| 6.9. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Córdoba | 44 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.10. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Córdoba | 44 |
| 6.11. | F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Córdoba | 45 |
| 6.12. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Córdoba | 46 |
| 6.13. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Melilla | 47 |
| 6.14. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Melilla | 47 |
| 6.15. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Melilla | 48 |
| 6.16. | F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Melilla | 49 |
| 6.17. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Melilla | 49 |
| 6.18. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Málaga | 50 |
| 6.19. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Málaga | 51 |
| 6.20. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Málaga | 51 |
| 6.21. | F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Málaga | 52 |
| 6.22. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Málaga | 53 |
| 6.23. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 54 |
| 6.24. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 54 |
| 6.25. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 55 |
| 6.26. | F.A.R y P.O.F.D con intervalos para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 55 |
| 6.27. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 56 |
| 6.28. | Comparación entre el F.B.I, T.S y T.S.S para los distintos aeropuertos | 57 |
| 6.29. | Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Sevilla | 58 |
| 6.30. | F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Sevilla | 59 |
| 6.31. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Sevilla | 59 |
| 6.32. | Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Córdoba | 61 |
| 6.33. | F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Córdoba | 61 |
| 6.34. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Córdoba | 62 |
| 6.35. | Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Melilla | 63 |
| 6.36. | F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Melilla | 63 |
| 6.37. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Melilla | 64 |
| 6.38. | Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Málaga | 65 |
| 6.39. | F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Málaga | 65 |
| 6.40. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Málaga | 66 |
| 6.41. | Frequency Bias Index por horas para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 67 |
| 6.42. | F.A.R y P.O.F.D por horas para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 67 |
| 6.43. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S por horas para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 68 |
| 6.44. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Sevilla | 70 |
| 6.45. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Sevilla | 70 |
| 6.46. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Sevilla | 71 |
| 6.47. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Sevilla | 72 |
| 6.48. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Córdoba | 73 |
| 6.49. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Córdoba | 73 |
| 6.50. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Córdoba | 74 |
| 6.51. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Córdoba | 75 |
| 6.52. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Melilla | 76 |
| 6.53. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Melilla | 76 |
| 6.54. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Melilla | 77 |
| 6.55. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Melilla | 78 |
| 6.56. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Málaga | 79 |
| 6.57. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Málaga | 79 |
| 6.58. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Málaga | 80 |
| 6.59. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Málaga | 81 |
| 6.60. | Frequency Bias Index para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 82 |
| 6.61. | F.A.R y P.O.F.D para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 82 |
| 6.62. | P.C, P.O.D, T.S y T.S.S para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 83 |
| 6.63. | P.O.D, T.S y T.S.S con intervalos para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 84 |
| 6.64. | Comparación de T.S y P.O.D para los cinco aeropuertos | 85 |
| 6.65. | F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Sevilla | 86 |
| 6.66. | P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Sevilla | 86 |

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------|----|
| 6.67. | F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Córdoba | 87 |
| 6.68. | P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Córdoba | 88 |
| 6.69. | F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Melilla | 89 |
| 6.70. | P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Melilla | 89 |
| 6.71. | F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Málaga | 90 |
| 6.72. | P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Málaga | 91 |
| 6.73. | F.B.I y F.A.R para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 92 |
| 6.74. | P.O.D, T.S.S y T.S para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 92 |
| 6.75. | Threat Score para los cinco aeropuertos | 93 |
| 6.76. | Falsas alarmas para los cinco aeropuertos | 94 |
| 6.77. | Falsas alarmas en HARMONIE para los cinco aeropuertos | 94 |

Índice de Tablas

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. | Resultados del análisis general | 25 |
| 5.2. | Resultados del análisis por zonas para HIRLAM | 28 |
| 5.3. | Resultados del análisis por zonas para la predicción por horas | 28 |
| 5.4. | Resultados del análisis por niveles de precipitación | 30 |
| 5.5. | Resultados del análisis por niveles y zonas para HIRLAM | 31 |
| 5.6. | Resultados del análisis por niveles y zonas para la predicción por horas | 32 |
| 6.1. | LEZL: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF | 39 |
| 6.2. | LEBA: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF | 43 |
| 6.3. | GEML: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF | 46 |
| 6.4. | LEMG: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF | 50 |
| 6.5. | LEJR: Resultados del análisis en intervalos de 2h para HARMONIE y de 3h para el ECMWF | 53 |
| 6.6. | Resumen de salidas con mejor y peor funcionamiento en cada aeropuerto | 57 |
| 6.7. | Resumen de resultados para el Aeropuerto de Sevilla | 60 |
| 6.8. | Resumen de resultados para el Aeropuerto de Córdoba | 62 |
| 6.9. | Resumen de resultados para el Aeropuerto de Melilla | 64 |
| 6.10. | Resumen de resultados para el Aeropuerto de Málaga | 66 |
| 6.11. | Resumen de resultados para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 68 |
| 6.12. | Resumen de resultados, comparando los cinco aeropuertos | 69 |
| A.1. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Sevilla de 01UTC a 06UTC | 97 |
| A.2. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Sevilla de 07UTC a 12UTC | 98 |
| A.3. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Sevilla de 13UTC a 18UTC | 98 |
| A.4. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Sevilla de 19UTC a 00UTC | 98 |
| A.5. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Córdoba de 01UTC a 06UTC | 99 |
| A.6. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Córdoba de 07UTC a 12UTC | 99 |
| A.7. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Córdoba de 13UTC a 18UTC | 100 |
| A.8. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Córdoba de 19UTC a 00UTC | 100 |
| A.9. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Melilla de 01UTC a 06UTC | 101 |
| A.10. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Melilla de 07UTC a 12UTC | 101 |
| A.11. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Melilla de 13UTC a 18UTC | 102 |
| A.12. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Melilla de 19UTC a 00UTC | 102 |
| A.13. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Málaga de 01UTC a 06UTC | 103 |
| A.14. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Málaga de 07UTC a 12UTC | 103 |
| A.15. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Málaga de 13UTC a 18UTC | 104 |
| A.16. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Málaga de 19UTC a 00UTC | 104 |
| A.17. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Jerez de la Frontera de 01UTC a 06UTC | 105 |
| A.18. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Frontera de 07UTC a 12UTC | 105 |
| A.19. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Jerez de la Frontera de 13UTC a 18UTC | 106 |
| A.20. | Datos del análisis por horas en el Aeropuerto de Jerez de la Frontera de 19UTC a 00UTC | 106 |
| A.21. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Sevilla | 106 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A.22. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Sevilla | 107 |
| A.23. | Datos de visibilidad del ECMWF para el Aeropuerto de Sevilla: análisis general | 107 |
| A.24. | Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Sevilla: análisis bruma/niebla | 107 |
| A.25. | Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Sevilla: análisis bruma/niebla | 108 |
| A.26. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Córdoba | 108 |
| A.27. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Córdoba | 108 |
| A.28. | Datos de visibilidad ECMWF del para el Aeropuerto de Córdoba: análisis general | 109 |
| A.29. | Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Córdoba: análisis bruma/niebla | 109 |
| A.30. | Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Córdoba: análisis bruma/niebla | 110 |
| A.31. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Melilla | 110 |
| A.32. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Melilla | 110 |
| A.33. | Datos de visibilidad ECMWF del para el Aeropuerto de Melilla: análisis general | 111 |
| A.34. | Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Melilla: análisis bruma/niebla | 111 |
| A.35. | Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Melilla: análisis bruma/niebla | 112 |
| A.36. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Málaga | 112 |
| A.37. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Málaga | 112 |
| A.38. | Datos de visibilidad ECMWF del para el Aeropuerto de Málaga: análisis general | 113 |
| A.39. | Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Málaga: análisis bruma/niebla | 113 |
| A.40. | Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Málaga: análisis bruma/niebla | 114 |
| A.41. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 114 |
| A.42. | Datos de visibilidad de HARMONIE para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera | 114 |
| A.43. | Datos de visibilidad ECMWF del para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera: análisis general | 115 |
| A.44. | Datos de visibilidad del ECMWF con mezcla de nubes para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera: análisis bruma/niebla | 115 |
| A.45. | Datos de visibilidad del ECMWF con nubes bajas para el Aeropuerto de Jerez de la Frontera: análisis bruma/niebla | 116 |

Índice de Códigos

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B.1. | Ejemplo de proceso en Cron | 117 |
| B.2. | Procesos en Cron para HIRLAM 0.05 | 118 |
| B.3. | Bash script para HIRLAM 0.05 | 118 |
| B.4. | Perl script para HIRLAM 0.05: parte 1 | 118 |
| B.5. | Perl script para HIRLAM 0.05: parte 2 | 118 |
| B.6. | Perl script para HIRLAM 0.05: parte 3 | 119 |
| B.7. | Procesos en Cron para la predicción por horas | 120 |
| B.8. | Bash Script para la salida de las 00 UTC de la predicción por horas | 120 |
| B.9. | Bash Script para la salida de las 12 UTC de la predicción por horas | 120 |
| B.10. | Perl script para la predicción por hroas | 121 |
| B.11. | Tarea Cron para los datos de las estaciones meteorológicas | 123 |
| B.12. | Bash script para los datos de las estaciones automáticas | 123 |
| B.13. | Perl script para los datos de las estaciones meteorológicas | 123 |
| C.1. | Programa que lee las imágenes de un mes y crea una tabla para cada municipio con los valores de la precipitación. Utiliza la función <i>Precipitaciones</i> | 127 |
| C.2. | Función que dada una imagen, devuelve los valores de precipitación para cada municipio | 135 |
| C.3. | Programa para el análisis general | 138 |
| C.4. | Programa para el análisis por niveles y zonas | 144 |
| C.5. | Función que dada una fecha de inicio y de fin, lee los datos de las estaciones meteorológicas de los archivos ".csv" y proporciona los datos de las fechas indicadas | 165 |
| C.6. | Función que dada una fecha de inicio y de fin, lee los datos de HIRLAM de los archivos ".csv" y proporciona los datos de las fechas indicadas | 168 |
| C.7. | Programa pra representar las gráficas de distintos análisis | 171 |

Bibliografía

- [1] “Observatori de l’Ébre.” [Online]. Available: www.obsebre.es
- [2] “Meteorología y climatología de Navarra.” [Online]. Available: <http://meteo.navarra.es/>
- [3] “AEMET.” [Online]. Available: www.aemet.es
- [4] “Protección civil.” [Online]. Available: <http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm043.htm>
- [5] “ogimet.” [Online]. Available: <http://www.ogimet.com/guia.phtml{#}metar>
- [6] AEMET, “Guía MET - Información Meteorológica Aeronáutica,” 2015. [Online]. Available: <http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/aeronautica/AU-GUI-0102.pdf>
- [7] J. A. García-Moya Zapata, “Los modelos numéricos de predicción del tiempo,” *TETHYS, revista de meteorología*, vol. 2, 2002. [Online]. Available: <http://www.tethys.cat/antics/num02/articles/art0205esp.htm>
- [8] J. C. Sánchez, “HARMONIE, el nuevo modelo de alta resolución de AEMET,” *Tiempo y Clima*, vol. 5, no. 42, pp. 36–39, 2013.
- [9] M. H. Reymundo, “El programa HIRLAM-A,” *AME Boletín*, vol. 19, pp. 33–35, 2008.
- [10] “Cazatormentas.” [Online]. Available: <http://www.cazatormentas.net/>
- [11] T.-Y. Koh and J. S. Ng, “Improved diagnostics for NWP verification in the tropics,” *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, no. D12, p. D12102, jun 2009.